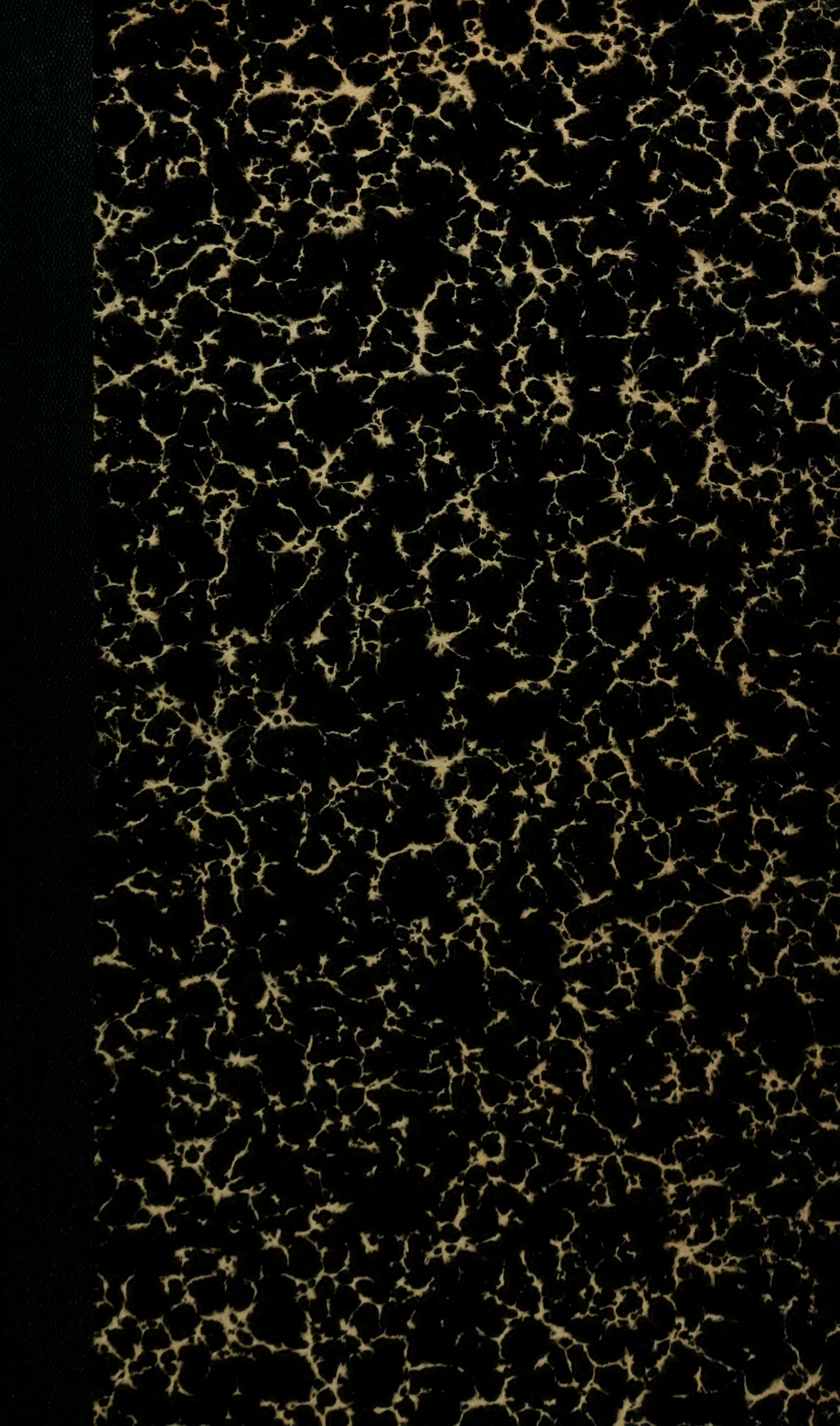
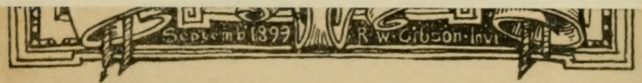



Septemb 1899
R.W. Gibson. Invt

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME TRENTE-TROISIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL

NEUCHATEL
DELACHAUX ET SANDOZ

1868

THÉORIE

SUR

LES RELATIONS QUI EXISTENT ENTRE

CERTAINES DIFFÉRENCES SEXUELLES DE COULEUR CHEZ LES OISEAUX

ET

LEUR MODE DE NIDIFICATION

PAR

A.-F. WALLACE

(*Journal of Travel and Natural History*, 1868, vol. I, nº 2.)

Un des traits caractéristiques les plus remarquables et les plus intéressants chez les oiseaux consiste dans l'habitude qu'ils ont presque tous de faire une construction plus ou moins compliquée pour loger leurs œufs et leurs petits. Dans les autres classes de vertébrés, ces sortes de constructions sont rares et exceptionnelles, et n'atteignent pas le même degré de perfection et de beauté. Aussi les nids des oiseaux ont-ils toujours beaucoup attiré l'attention ; ils ont même servi de base principale à l'argument qui établit l'existence d'un instinct aveugle et infaillible chez les animaux inférieurs. L'idée s'est généralement répandue que l'oiseau est capable de construire son nid, non pas parce qu'il est doué de facultés ordinaires d'observation, de mémoire et d'imitation, mais par suite d'une certaine impulsion innée et mystérieuse. Cette idée a pour conséquence fâcheuse de détourner l'attention des relations évidentes qui existent entre la conformation, les habitudes et l'intelligence de l'oiseau et la nature des nids

qu'il construit. Il convient de montrer ici quelques-unes de ces relations fondamentales qui jouent un rôle important dans le sujet qui nous occupe.

Un grand nombre d'oiseaux ne construisent aucune espèce de nids; ils pondent les œufs et couvent leurs petits sur la terre nue. Tels sont la plupart des oiseaux échassiers et nageurs, plusieurs des gallinacés et, parmi les oiseaux percheurs, presque tous les engoulevents. Ces espèces peuvent être considérées comme placées à l'une des extrémités de l'échelle, tandis que les troupiales, les tisserins et les roitelets, qui construisent des nids tissés avec soin, recouverts d'un dôme ou suspendus, occupent l'autre extrémité de l'échelle. Or la conformation générale et la manière de vivre de ces oiseaux expliquent presque d'elles-mêmes ces différences. Par suite de la grosse tête et du mince et large bec des engoulevents, de leurs pieds petits et faibles, sans force pour saisir, ces espèces sont incapables de tisser et de tresser l'herbe, la mousse, les fibres végétales ou la laine pour en faire un nid solide et confortable. Les pieds des hirondelles de mer et des bécasseaux sont également mal adaptés à ce but, et en outre ces oiseaux sont appelés à aller chercher leur nourriture ordinaire dans les endroits où il ne se trouve guère de matériaux propres à la construction d'un nid. En revanche, les espèces qui bâtissent les nids les plus parfaits et les plus compliqués sont parmi les mieux organisés de leur classe, ayant les pieds conformés pour saisir à la fois vigoureusement et délicatement et un bec pointu et bien fait; ils jouissent aussi d'une extrême rapidité de locomotion. Les lieux qu'ils fréquentent lorsqu'ils cherchent leur nourriture abondent en matériaux propres à la construction des nids, et leur intelligence se

dévoile dans les modifications qu'ils font subir à la position, à la forme et aux matériaux du nid pour s'adapter aux changements des conditions que l'homme introduit autour de lui.

Si nous cherchons à descendre dans les détails, nous y retrouvons la manifestation de ces mêmes principes, et nous arrivons souvent à comprendre le choix d'une certaine position ou de la nature des matériaux d'un nid, en tenant compte de la manière de vivre de l'oiseau qui l'a construit. Le martin-pêcheur trouve sa nourriture dans les rivières et les ruisseaux, et bâtit son nid sur leurs berges; son bec fort et pointu lui sert d'instrument pour fouiller le sable et la terre, et il garnit grossièrement l'intérieur du trou qu'il creuse, avec les restes des arrêtes des poissons dont il s'est nourri. Le pic, qui passe ses journées à forer des trous dans les troncs des arbres pour y trouver sa nourriture, agrandit un de ces trous et y arrange une cavité dans laquelle ses petits sont à l'abri. Le toucan, incapable de se bâtir un nid à cause de la faiblesse de son énorme bec, de l'imperfection de ses pieds et de la lourdeur de ses mouvements, profite des trous pratiqués par les pics, par les écureuils et par d'autres animaux qui habitent les arbres, où lui-même trouve sa nourriture. Le freux garnit son domicile de petites racines et de matières fibreuses; le corbeau double le sien de laine ou de poils de lapins.

Ce n'est point l'instinct aveugle qui dirige des oiseaux si semblables entre eux dans le choix de matériaux si divers, c'est affaire de convenance. Le freux poursuit des larves dans les champs labourés et les pâturages, et rencontre à son passage des racines et des fibres. Le corbeau fréquentant les marécages et les garennes, où il fait sa

pâture d'agneaux morts et de lapins, trouve sur son chemin de la laine et de la fourrure, et s'en sert pour la nidification. Le roitelet construit son joli nid presque entièrement avec de la mousse, parce qu'il en trouve continuellement sous ses yeux lorsqu'il chasse les petits insectes et les mollusques des haies.

On voit donc que l'examen de l'organisation, de la nourriture et d'autres particularités de l'existence de l'oiseau, fournit un aperçu souvent assez complet des raisons pour lesquelles il construit son nid de certains matériaux dans une position déterminée et d'une manière plus ou moins compliquée. Il existe, cependant, deux autres facteurs dans le problème, dont les effets ne se laissent que vaguement deviner dans chaque cas particulier, mais qui ont dû exercer une influence importante pour déterminer les détails qu'on observe dans la nidification.

Ce sont les changements internes ou externes dans les conditions de la vie et l'influence des habitudes héréditaires; les premières entraînent des altérations motivées par des variations de la structure organique, du climat, de la faune et de la flore environnantes; les secondes tendent à conserver les particularités ainsi développées même quand elles n'ont plus d'objet, vu le changement des conditions. Il y a beaucoup de faits qui prouvent que les oiseaux adaptent leurs nids aux conditions dans lesquels ils doivent se trouver. Celui du loriot des vergers des États-Unis (*Icterus spurius*) est très-peu profond lorsqu'il est placé sur les fortes branches d'un arbre fruitier; il est beaucoup plus profond quand il est posé sur les grêles rameaux d'un saule pleureur, et qu'il s'agit de protéger la couvée contre le danger d'être jetée à terre par la violence du vent. Le moineau domestique commun façonne

son nid avec bien moins de soin dans un trou que sur les branches d'un arbre et l'emploi que font les hirondelles, les troglodytes et d'autres espèces des avant-toits, des cheminées et des boîtes qu'on met à leur disposition, prouve qu'ils sont toujours prêts à saisir les avantages que peuvent offrir les changements de conditions. Il est probable qu'une altération permanente dans le climat entraînerait bien des oiseaux à modifier la forme ou les matériaux de leurs demeures. L'introduction d'ennemis nouveaux pourrait amener des modifications ayant pour but de mieux cacher les œufs ou la couvée. Un changement dans la végétation du pays nécessiterait peut-être l'emploi de nouveaux matériaux. Il est certain encore que, s'il se manifestait des modifications de structure dans une espèce, il s'ensuivrait sur plusieurs points des changements dans la construction du nid. L'ouvrage serait plus ou moins délicat et les matériaux plus ou moins fins, suivant la modification opérée dans les organes externes.

Cependant, durant le développement de ces modifications, certaines particularités persisteraient plus ou moins longtemps après la disparution des causes qui les auraient fait naître. Ces signes d'un passé, qui n'est plus, se montrent partout, même dans les travaux de l'homme, malgré sa raison si vantée. Les traits caractéristiques de l'architecture grecque ne sont que des reproductions en pierre des pièces originales de construction en bois. Nos imitateurs de l'architecture gothique élèvent souvent de massifs contre-forts, surmontés de pompeux pinacles, pour soutenir un toit en charpente qui n'exerce aucune poussée extérieure, et croient encore orner leurs constructions en ajoutant de fausses gargouilles sculptées, tandis que l'eau du toit s'écoule de fait par une bonne et simple gouttière

moderne. De même, quand les chemins de fer ont succédé aux diligences, on s'est cru obligé de construire les wagons de première classe de façon à imiter une série de carrosses juxtaposés ; l'on pend encore, dans les voitures qui ne doivent rouler que sur des routes macadamisées parfaitement unies, ces courroies où les voyageurs accrochaient leurs bras pour affermir leur équilibre dans des chemins à ornières, alors que le voyage n'était qu'une succession de secousses et de cahots qui dépassaient tout ce que l'on peut imaginer. En réfléchissant à ces faits et à cent autres semblables, il est naturel d'attribuer à une cause analogue bien des choses qui, sans cela, seraient inexplicables dans les détails de l'architecture des oiseaux. Autrement, il faudrait admettre que ces animaux sont toujours guidés, et bien plus que les hommes, par la raison pure, ou bien qu'un instinct infaillible les conduit aux mêmes résultats par une autre voie. Il y a tant de faits bien avérés opposés à chacune de ces hypothèses, qu'il n'est pas nécessaire de les réfuter plus longuement.

Les remarques qui précèdent ont pour but de montrer que la manière suivant laquelle chaque espèce d'oiseau bâtit son nid résulte probablement d'une variété de causes qui ont amené des modifications en rapport avec les changements dans les conditions organiques ou physiques de l'espèce. Les plus importantes de ces causes semblent venir d'abord de la structure organique de l'espèce et ensuite des conditions ambiantes. Si donc on observe des modifications dans des caractères moins importants et plus sujets à varier que ne le sont les particularités de la modification, il faudra en conclure que les premières dépendent des secondes et non pas le contraire. Voici un exemple d'une corrélation de cette nature :

Le but des nids étant la protection des œufs et la sécurité ainsi que le confort de la couvée, on peut les grouper sous deux catégories primordiales, suivant qu'ils répondent plus ou moins bien au but. Dans la première catégorie on placera tous ceux dans lesquels les œufs et la couvée sont dérobés à la vue, et ce but peut être atteint, soit par le moyen d'une construction en forme de toit ou de dôme, soit par le dépôt des œufs dans un trou pratiqué dans un tronc d'arbre ou dans la terre. Dans la seconde catégorie on groupera ceux dans lesquels les œufs, la couvée et l'oiseau qui couve sont exposés à la vue, qu'il y ait un nid admirablement construit du reste, ou qu'il n'y en ait point du tout. Les martins-pêcheurs qui logent leurs œufs dans des trous des berges; les pics et les perroquets qui les logent dans les arbres creux, les troupiales d'Amérique qui construisent ces magnifiques nids suspendus et nos troglodytes qui recouvrent le nid d'un dôme présentent des exemples de la première catégorie; tandis que nos merles, nos fauvettes et nos pinçons ainsi que les pie-grièches, les jaseurs et les tangaras des tropiques et encore tous les oiseaux de proie, les pigeons et beaucoup d'autres dans toutes les parties du monde se contentent de la seconde sorte de construction.

On voit que cette répartition des oiseaux en deux catégories suivant la manière dont ils disposent leurs nids, n'a guère de relation avec la structure même des nids. Les nids de construction tout à fait primitive se rencontrent de même que les spécimens d'architecture les plus parfaits dans les deux catégories. Cependant, ces catégories ont certainement quelques relations avec les affinités naturelles des espèces, car les grands groupes qui contiennent des espèces décidément très-alliées entre elles

ressortissent en entier à l'une ou à l'autre des catégories. Les espèces d'un même genre ou d'une même famille sont très-rarement distribuées dans les deux catégories, et cependant elles diffèrent souvent notablement entre elles dans le mode de construction du nid et elles présentent même dans la première catégorie deux manières tout à fait distinctes.

Tous les grimpeurs et la plupart des fissirostres, par exemple, construisent des nids cachés, et dans ce dernier groupe, les deux familles qui bâtissent des nids ouverts, savoir les martinets et les engoulevents, sont certainement très-éloignées des autres familles avec lesquelles elles se trouvent associées dans nos classifications. Les mésanges aussi varient dans leur manière de faire leurs nids : quelques-unes faisant des nids ouverts cachés dans un trou, tandis que d'autres construisent des nids protégés par un dais ou bien des nids couverts et même suspendus, qui tous rentrent cependant dans la même catégorie. Les nids des étourneaux présentent les mêmes différences. Les mynahs font des nids dans des trous comme nos étourneaux, et les brillants étourneaux de l'Orient (du genre Calornis) construisent des nids couverts suspendus, tandis que les Sturnopastores les placent dans des arbres creux. Un des cas les plus remarquables d'une famille d'oiseaux qui se partage entre les deux catégories de structure du nid est celui des pinçons, dont les espèces européennes ont presque toutes des nids exposés, tandis que les pinçons d'Australie ont des nids protégés par un dôme.

Passons maintenant des nids aux êtres qui les construisent, et étudions les oiseaux eux-mêmes à un point de vue peu habituel, en les séparant en groupes suivant que les deux sexes, ou bien seulement les mâles, sont plus ou moins ornés de couleurs voyantes.

Les différences sexuelles de couleur et de plumage chez les oiseaux sont très-remarquables, elles ont beaucoup attiré l'attention et ont été expliquées par M. Darwin, dans le cas des oiseaux polygames par sa théorie de la sélection naturelle. On conçoit jusqu'à un certain point comment les mâles des faisans et des tétras ont fini par acquérir leur brillant plumage et leur forte taille, par suite des rivalités de force et de beauté qui doivent régner continuellement entre eux. Mais cette théorie ne répand aucune lumière sur les causes qui ont amené les femelles des toucans, des guêpiers, des perroquets et des mésanges à être presque toujours aussi brillantes et aussi vives dans leurs couleurs que les mâles ; tandis que les magnifiques jaseurs, les manakins, les tangaras et les oiseaux du paradis, comme aussi notre merle, ont pour compagnons des mâles si nuls et si peu marquants qu'ils semblent à peine pouvoir appartenir à la même espèce.

Ces anomalies peuvent cependant s'expliquer par l'influence de la conformation du nid. On reconnaît, en effet, sauf quelques rares exceptions, les règles suivantes : savoir que, lorsque les deux sexes sont ornés de couleurs très-marquantes et voyantes, le nid est de la seconde catégorie, de manière à cacher l'oiseau qui couve; tandis que, lorsqu'il y a un contraste frappant dans le plumage, le mâle étant brillant et très-apparent, la femelle insignifiante et obscure, le nid est ouvert et rien ne dérobe à la vue l'oiseau qui couve. Examinons les faits principaux qui démontrent cette assertion, et cherchons à découvrir le pourquoi de cette corrélation.

Étudions d'abord les groupes d'espèces dans lesquelles la femelle a un plumage brillant ou du moins bien voyant et ordinairement semblable à celui du mâle.

I. Martins-pêcheurs (*Alcedinidæ*). Dans les espèces les plus brillantes de cette famille, la femelle ressemble parfaitement au mâle; dans d'autres il y a quelques différences, mais elles ne tendent pas à rendre la femelle moins apparente. On remarque quelquefois chez la femelle une bande transversale sur la poitrine qui manque chez le mâle (par exemple dans l'*Alcyon diops*). Dans d'autres la bande est rousse, par exemple dans plusieurs espèces américaines; tandis que dans le *Jacelo gaudichaudi* la queue de la femelle est rousse au lieu d'être bleue. La plupart des martins-pêcheurs font leur nid au fond d'un trou profond dans la terre; les tanysipteras les bâtissent, dit-on, dans un trou creusé dans les nids des termites ou quelquefois dans des crevasses sous des rochers en surplomb.

II. Motmots (*Momotidæ*). Chez ces oiseaux brillants les sexes se ressemblent tout à fait, et les nids se trouvent dans un trou sous terre.

III. Barbus (*Bucconidæ*). Ces espèces sont souvent peintes de couleurs vives, quelques-unes ont des becs rouges, couleur de corail; les sexes sont semblables et les nids sont bâtis dans des trous sur les pentes.

IV. Couroucous (*Trogonidæ*). Chez ces magnifiques oiseaux les femelles sont ordinairement moins brillantes que les mâles, mais elles sont souvent ornées de couleurs assez vives et voyantes. Les nids sont dans les creux des arbres.

V. Huppes (*Upupidæ*). Leur plumage barré et leurs grandes crêtes mettent ces espèces fort en évidence. Les sexes sont parfaitement semblables, et leurs nids sont dans des arbres creux.

VI. Calaos (*Bucerotidæ*). Ces gros oiseaux ont d'énor-

mes becs peints en couleurs qui sont ordinairement les mêmes et tout aussi voyantes chez les femelles que chez les mâles. Leurs nids sont placés au fond des trous dans les arbres et la femelle y est complétement cachée.

VII. *Capitonidæ*. Ces espèces sont toutes très-éclatantes et présentent des taches de couleurs très-vives à la tête et au cou qui sont très-voyantes. Les sexes sont de même et les nids se trouvent dans les arbres creux.

VIII. Toucans (*Rhamphastidæ*). Ces beaux oiseaux sont colorés sur toutes les parties marquantes du corps, surtout sur leur grand bec, et aussi à la base de la queue qui est tachée de cramoisi, de blanc et de jaune. Les deux sexes se ressemblent, et ils nichent dans des arbres creux.

IX. Musophages (*Musophagidæ*). Ici encore la tête et le bec se revêtent dans les deux sexes de couleurs très-brillantes et les nids sont dans les trous des arbres.

X. Coucals (*Centropus*). Ces oiseaux sont souvent ornés de couleurs voyantes dans les deux sexes; ils construisent des nids recouverts d'un dôme.

XI. Pics (*Picidæ*). Dans cette famille les femelles diffèrent des mâles en ce que leur crête est jaune ou blanche au lieu d'être cramoisie, mais c'est toujours assez voyant, et les nids sont cachés dans les creux des arbres.

XII. Perroquets (*Psittacidæ*). Dans cette grande famille, qui s'orne des plumages les plus brillants et les plus variés, il est de règle que les sexes soient tout à fait semblables, et c'est le cas dans les familles qui portent les couleurs les plus fastueuses, les lories, les cacatoës et les macaws. Il existe cependant une petite différence entre les deux sexes dans quelques cas. Toutes bâtissent leurs nids dans des trous, surtout dans les arbres, et aussi parfois dans la terre et dans les logements des termites.

Le seul cas dans lequel le nid est exposé à la vue est celui du nid du pezoporus formosus, espèce qui ne participe pas au riche plumage de ses congénères et qui est vêtue de teintes sombres, vertes et noires, servant de protection suffisante.

XIII. Eurylaimes (*Eurylœmidœ*). Dans ces superbes espèces de l'Orient, qui se rattachent un peu aux jaseurs d'Amérique, les sexes sont semblables et revêtent les insignes les plus gais et les plus voyants. Le nid est tout entier tissé, recouvert et suspendu au bout d'une branche au-dessus de l'eau.

XIV. Cotingas (*Ampelidœ*). Dans les espèces australiennes les femelles sont souvent très-voyantes, ayant la tête parsemée de taches brillantes. Les nids sont quelquefois recouverts d'un dôme, quelquefois ils sont placés dans les arbres creux.

XV. Mésanges (*Paridœ*). Ces petits oiseaux sont toujours charmants et quelques-uns, entre autres les espèces indiennes, sont très-brillants. Les sexes ont toujours la même coloration, circonstance assez exceptionnelle parmi les petites espèces ornithologiques un peu voyantes de ces pays-ci. Le nid est toujours recouvert ou caché dans un trou.

XVI. Sittelles (*Sittidœ*). Ordinairement de très-jolis oiseaux à sexes semblables; le nid est bâti dans un creux.

XVII. Petites sittelles (*Sittellœ*). La femelle est souvent plus voyante que le mâle, et tachetée de blanc et de noir. Le nid, selon Gould, est toujours complétement caché au milieu de petits rameaux redressés et rattachés ensemble.

XVIII. *Climacteridœ*. Les sexes y sont de même, ou bien la femelle est quelquefois la plus ornée des deux. Le nid se trouve dans un creux d'arbre.

XIX. *Estrelda Amadina.* Dans ces genres de la famille des pinçons, les femelles, quoique différentes des mâles, sont encore assez voyantes, étant tachetées de blanc, et ayant le croupion rouge. Elles se distinguent des genres voisins par la construction de dômes pour recouvrir leurs nids.

XX. *Certhiolidæ.* Ces jolis petits fourniers d'Amérique ont les deux sexes semblables et construisent un nid surmonté d'un dôme.

XXI. Mynahs (*Eulabes*, *Sturnidæ*). Ces oiseaux à vives couleurs sont de même dans les deux sexes, et font leur nid dans les arbres creux.

XXII. Calornis (*Sturnidæ*). Les étourneaux ont les mêmes brillants reflets métalliques dans les deux sexes. Ils construisent un élégant nid suspendu.

XXIII. Troupiales (*Icteridæ*). Le plumage rouge ou jaune et noir de la plupart de ces oiseaux est très-voyant et le même dans les deux sexes. Ils sont célèbres par les nids délicatement tissés qu'ils construisent en forme de bourse suspendue.

Cette liste comprend, comme on le voit, six familles importantes parmi les fissirostres, quatre parmi les grimpeurs (les perroquets) et plusieurs genres, ainsi que trois familles entières des passereaux.

Les espèces dans lesquelles le mâle est revêtu de couleurs brillantes, tandis que la femelle n'a que des teintes sombres et très-peu apparentes, sont très-nombreuses et comprennent de fait tous les passereaux à plumage voyant, sauf ceux qui viennent d'être énumérés. Les groupes les plus remarquables sont les suivants :

I. Cotingas (*Cotingidæ*). Ces espèces comprennent les

plus riches plumages qui existent, le bleu vif, le pourpre et le rouge éclatant en sont les teintes caractéristiques. Les femelles sont toujours peu apparentes, souvent d'une nuance verdâtre peu visible dans le feuillage.

II. Manakins (*Pipridæ*). Ces oiseaux élégants, dont les houppes et les crêtes présentent les couleurs les plus vives, sont d'un vert sombre dans le sexe femelle.

III. Tangaras (*Tanagridæ*). Ces espèces rivalisent avec les cotingas par l'éclat de leurs couleurs et offrent plus de variété dans les teintes. Les femelles ont un plumage sombre et simple et bien moins apparent que ne l'est celui des mâles.

Dans les nombreuses familles des oiseaux chanteurs (*Sylviadæ*), des merles (*Turdidæ*), des gobe-mouches (*Muscicapidæ*) et des pies-grièches (*laniadées*), la plupart des espèces sont richement peintes de couleurs vives et voyantes; mais les femelles sont toujours moins apparentes et revêtues de teintes sombres et qui attirent peu les regards. Dans toutes les familles le nid est ouvert, et je ne connais pas d'exemple d'une seule espèce de ce groupe qui bâtisse un nid recouvert d'un dôme, ou qui le place dans un arbre creux, ou dans un trou sous terre, ou qui fasse quoi que ce soit pour le dérober à la vue.

En discutant la question que nous étudions, il n'est pas nécessaire de se préoccuper de la manière de faire des oiseaux un peu gros et forts, parce qu'ils n'ont guère à chercher à se cacher pour être en sûreté. Les oiseaux de proie n'ont pas de vives couleurs, et leur organisation ainsi que leurs habitudes font qu'ils n'ont pas grand besoin d'être protégés. Les grands échassiers ont quelquefois de très-vives couleurs dans les deux sexes: mais ils sont probablement peu exposés à des attaques de la part

d'ennemis, puisque l'ibis écarlate, l'oiseau le plus apparent qu'il y ait, existe en immenses quantités dans l'Amérique du Sud.

Le gibier et les oiseaux d'eau offrent dans le sexe femelle des teintes peu apparentes, tandis que les mâles sont vivement colorés ; et la famille anormale des mégapodes présente le fait curieux de l'identité des plumages dans les deux sexes, ceux des mégacéphalons et des talegallas étant passablement voyants. Ajoutons qu'ils n'ont pas l'habitude de couver leurs œufs.

Si l'on réfléchit à l'ensemble des témoignages que nous venons de relater et qui embrasse presque tous les groupes d'oiseaux revêtus de couleurs brillantes, on sera bien forcé d'admettre la corrélation qui existe entre la coloration du plumage et le mode de construction du nid. Il y a, il est vrai, quelques exceptions apparentes, quelques-unes peut-être réelles, dont nous allons nous occuper; mais ces exceptions sont trop peu nombreuses et trop peu importantes pour peser beaucoup dans la balance contre les faits avérés, et l'on peut pour le moment les laisser de côté. Examinons ce que signifie cette corrélation inattendue de phénomènes qui paraissent à première vue ne point avoir de rapports entre eux. Ont-ils quelque relation avec d'autres groupes de phénomènes naturels ? Nous fournissent-ils quelque enseignement sur la manière dont la nature travaille et peuvent-ils nous donner quelque aperçu des causes qui ont façonné la merveilleuse variété, la beauté et l'harmonie des êtres vivants ? Il me semble qu'on doit répondre affirmativement à ces questions, et je puis y ajouter, comme une nouvelle preuve, que ce ne sont point là de simples phénomènes isolés, le fait suivant : savoir que j'ai été conduit à découvrir leur corrélation par l'étude d'un

groupe de phénomènes distincts mais analogues, consistant dans des ressemblances mimiques et protectrices.

En examinant cette série remarquable de faits, la première chose que nous en récoltons, c'est qu'il n'existe aucune incapacité de la part du sexe femelle, de jouir des mêmes couleurs brillantes et des vifs contrastes de nuances qui ornent si fréquemment leurs partners, puisque, toutes les fois qu'elles sont protégées et cachées pendant la période de l'incubation, elles se revêtent des mêmes plumages. La conclusion à en tirer, c'est que c'est surtout au manque de la protection d'une bonne cachette pendant cette époque intéressante, qu'il faut attribuer l'absence ou l'arrêt de développement de ces riches et vives couleurs. La manière dont les choses se passent devient très-intelligibile, si l'on a recours aux procédés de la sélection naturelle et sexuelle.

Il est manifeste que les deux sexes sont rarement également munis d'armes offensives et défensives, quand celles-ci ne sont pas absolument nécessaires à la protection personnelle; tandis que le nombre des cas dans lesquels les deux sexes sont également décorés de brillantes couleurs prouve que l'action normale de la sélection sexuelle tend à développer les couleurs et la beauté dans les deux sexes, en propageant et en multipliant toutes ces riches variétés de plumages qui dans chaque sexe plaisent à l'autre. La femelle cependant, appelée à couver sur un nid ouvert de tous côtés, est très-exposée aux attaques de ses ennemis et toute modification de son plumage qui la rendrait plus apparente encore amènerait la destruction de l'oiseau et de la couvée. Toutes les femelles dont le plumage se modifierait dans la direction de nuances plus voyantes seraient peu à peu exterminées,

tandis que celles dont le plumage prendrait une tendance contraire, qui s'assimilerait par exemple à la terre, au tronc, au feuillage, auraient une bien meilleure chance de survivre. C'est ainsi qu'on aboutit à ces teintes d'un brun sale, vertes ou indifférentes qui caractérisent le plumage de la portion supérieure du corps de la grande masse des oiseaux femelles, couvant sur des nids ouverts.

Au commencement de cet article, j'ai cherché à montrer que les différences caractéristiques et les traits essentiels des nids d'oiseaux résultent de l'organisation même des espèces et des conditions passées et présentes de leur vie. Ces facteurs sont tous les deux plus importants et plus stables que ne le sont les phénomènes de couleur; nous devons en conclure que, dans la plupart des cas, le mode de construction du nid (qui dépend de la structure organique de l'animal et des circonstances ambiantes) a été au fond la cause et n'est pas l'effet des similitudes ou des différences des sexes sous le rapport de la couleur. Lorsqu'un groupe d'oiseaux a une fois acquis l'habitude de bâtir son nid dans les arbres creux, comme les toucans, ou bien dans des trous sous la terre, comme les martins-pêcheurs, la protection que la femelle obtient ainsi durant la période importante et dangereuse de l'incubation, replace les deux sexes sur un pied d'égalité quant au péril d'une attaque et permet à la sélection sexuelle d'exercer sans encombre son influence sur le développement des couleurs vives et des insignes voyantes des deux sexes.

D'un autre côté, lorsque (comme chez les tangaras et chez les gobe-mouches) le groupe entier a contracté l'habitude de bâtir des nids en formes de coupes ouvertes, dans des positions plus ou moins exposées, le dévelop-

pement des couleurs et des signes distinctifs chez la femelle est constamment réprimé par la périlleuse évidence dans laquelle elle apparaît, tandis que rien ne le gêne chez le mâle qui se revêt en conséquence de nuances éclatantes. Cependant on rencontre peut-être quelques cas où, par suite d'une intelligence supérieure et d'une capacité spéciale pour changer d'habitudes, les périls auxquels la femelle est exposée par l'éclat de son plumage, sont en partie conjurés par la construction d'un toit ou d'un dôme pour dissimuler le nid, comme cela se voit chez les mésanges et les troupiales; en sorte que la marche de la coloration et les modifications de structure dans les nids peuvent quelquefois agir et réagir l'un sur l'autre et atteindre de concert de plus complets développements.

Il existe dans l'histoire naturelle des oiseaux quelques faits curieux et anormaux qui peuvent servir de pierre de touche pour démontrer la vérité de cette explication des différences de coloration dans les deux sexes. On sait depuis longtemps que dans quelques espèces les mâles aident à l'incubation et peuvent même s'en charger complétement; aussi a-t-on remarqué chez certains oiseaux que les différences sexuelles dans la coloration sont renversées; le mâle a un plumage sombre et obscur, tandis que la femelle, qui est souvent plus forte de taille, est ornée de teintes vives. Je ne crois pas que personne ait supposé que ces différences tenaient à quelque relation de cause à effet, avant la publication de mes idées sur la théorie générale des ressemblances mimiques[1]. Cependant il est maintenant constaté que dans les cas les

[1] *Westminster Review*, juillet 1867.

mieux connus où la femelle porte un plumage plus voyant que le mâle, celui-ci s'aquitte des fonctions de l'incubation ou du moins tout porte à le croire. L'exemple le plus satisfaisant est celui du phalarope gris (*Phalaropus fulicarius*, Linné), dont les deux sexes sont exactement semblables en hiver, tandis qu'en été c'est la femelle et non pas le mâle qui revêt le plumage de noce gai et brillant, le mâle veillant à l'incubation et couvant les œufs qui gisent sur la terre nue.

La femelle du guignard (*Endromias morinellus*) est plus grosse et plus colorée que le mâle qui, on en est à peu près sûr, couve les œufs. Dans le genre indien Turnix les femelles sont aussi plus fortes et souvent plus brillantes que les mâles, et M. Jerdon raconte dans son « Birds of India » que les indigènes disent que pendant la saison de l'incubation les femelles abandonnent leurs œufs et se réunissent en bandes, pendant que les mâles restent pour couver. Il y a quelques cas où les femelles sont plus apparentes que les mâles et dans lesquels les habitudes au moment de l'incubation sont peu connues. Celui des autruches et des émeux peut sembler une difficulté, puisque le mâle qui est chargé de l'incubation n'est pas moins apparent que la femelle ; mais il s'explique par la grande taille de ces espèces, qui n'ont pas de motifs pour se cacher, ayant la force nécessaire pour défendre leur nid et au besoin la rapidité de leur course pour fuir leurs ennemis trop dangereux.

On voit donc qu'un grand nombre de faits relatifs soit à la coloration du plumage, soit au mode de construction du nid, et renfermant entre autres des exceptions extrêmement anormales, sont reliées entre eux par des rapports qui dépendent du besoin de protection éprouvé

par celui des parents qui est chargé de couver[1]. Si l'on réfléchit à notre ignorance des habitudes de la plupart des oiseaux qui vivent hors d'Europe, on comprendra que les exceptions à la règle qui généralement ont lieu dans les espèces isolées et peu observées, n'offrent pas une bien grande importance. Les seules exceptions un peu notables sont les suivantes.

I. Drongos (*Dicruri*). Ces oiseaux ont un plumage noir luisant, à longue queue fourchue. Les sexes sont semblables et les nids sont ouverts. Cette exception à la règle peut venir de ce que le plumage est assez sombre en lui-même pour ne pas nécessiter une protection plus efficace. Ces oiseaux se battent bien ; ils attaquent et poursuivent souvent les corbeaux, les éperviers et les vautours; ils vivent assez en société, en sorte que les femelles ne sont guère exposées à être attaquées pendant l'incubation.

II. Loriots (*Oriolidæ*). Les vrais loriots ont un plumage gai, qui est, en Orient, presque le même dans les deux sexes, et les nids sont ouverts. C'est une exception grave, mais qui peut servir cependant à prouver la

[1] Dans l'*Origin of Species* (page 241), M. Darwin reconnaît que les oiseaux femelles sont vêtus de couleurs sombres parce qu'ils ont besoin de protection ; mais il ne semble pas attacher la même importance que moi à cet agent modificateur de la coloration. Dans le même paragraphe (page 240), il fait allusion à ce que le sexe femelle chez les oiseaux et chez les papillons est souvent très-sobre de couleur et quelquefois cependant tout aussi brillant que le sexe mâle ; mais il paraît attribuer ces différences à des lois particulières d'hérédité qui conservent quelquefois certaines colorations dans les deux sexes ou bien seulement dans la ligne de l'un des deux. Sans vouloir répudier l'effet de toute influence de cette nature (M. Darwin m'assure qu'il tient les preuves à l'appui), j'attribue cependant ces différences, dans la grande majorité des cas, au plus ou moins de besoin de protection de l'un des sexes dans ces groupes d'animaux.

règle; car on a remarqué que l'oiseau déploie un soin excessif et une sollicitude marquée pour cacher le nid dans le plus épais du feuillage, et il veille ensuite avec une attention inquiète au bien-être des petits. Ceci montre que l'absence de protection pour l'éclat du plumage ne se fait que trop sentir et qu'il y est suppléé par un plus grand développement des facultés intelligentes.

III. Brèves *(Pittidæ)*. Ces espèces offrent dans les deux sexes les mêmes élégantes et brillantes couleurs et bâtissent un nid ouvert; mais on remarque que presque toutes les couleurs vives sont sur la surface inférieure du corps, le dos étant le plus souvent d'un vert-olive ou brun et la tête noire avec quelques raies brunes ou blanches. Or ces teintes s'harmonisent plus ou moins avec les feuilles, les tiges et les brindilles qui entourent le nid et elles servent à dissimuler la présence de l'oiseau.

IV. *Grallina australis*. Cette espèce australienne est marquée de noir et de blanc qui contrastent vivement. Le plumage est le même dans les deux sexes et le nid est tout ouvert, maçonné en argile et complétement exposé sur le sommet d'un arbre. Voilà une exception frappante. Il importerait de bien connaître la nature de l'arbre, la couleur de l'écorce ou celle des lichens s'il y en a, les nuances du terrain et celles des objets environnants, afin de savoir jusqu'à quel point l'oiseau est en vue lorsqu'il couve.

On sait que de petites taches de blanc et de noir, vues de loin, présentent l'aspect du gris, qui est une des teintes les plus communes que l'on aperçoive dans le champ des objets naturels.

V. Souï-mangas *(Nectarineidæ)*. Dans ces brillantes petites espèces les mâles seuls sont peints de superbes

couleurs, et les femelles sont tout à fait ordinaires; les nids cependant, dans le petit nombre de cas que l'on connaît, sont de la première catégorie, c'est-à-dire recouverts. C'est donc une exception négative pour ainsi dire, et il est permis de supposer que d'autres causes que le besoin de protection pendant l'incubation peuvent entraver la tendance à la coloration. L'histoire de la nidification est mal connue dans ces espèces, mais il y a un fait qui tend à éclaircir la question, c'est qu'on assure que le mâle du *Leptocoma zeylanica* aide à couver. Il est possible que ce groupe d'oiseaux ait eu dans l'origine des nids couverts (et pour ce que nous en savons, il peut en être encore ainsi dans la plupart des espèces), et puis que, le mâle s'étant décidé par quelque raison inconnue à aider à couver, la construction d'un dôme soit devenue nécessaire.

VI. Mérions *(Maluridæ)*. Les mâles sont ornés de couleurs magnifiques, tandis que les femelles sont très-simples; les nids sont recouverts d'un dôme. Il faut remarquer toutefois que les teintes si vives des mâles ne paraissent qu'au moment de la noce, et ne durent pas longtemps; le reste de l'année les deux sexes n'ont que des nuances sombres. Le dôme qui recouvre le nid sert donc probablement à garantir ces petits oiseaux si délicats contre la pluie, et quelque cause inconnue a poussé au développement de la coloration chez les mâles seulement.

Je crois avoir indiqué toutes les exceptions aux lois générales de dépendance de la coloration et du mode de structure du nid. Ces exceptions sont assez rares en présence de la masse de faits favorables à la théorie et souvent des circonstances accessoires dans les habitudes ou dans l'organisation de l'espèce suffisent pour les motiver.

Si ces idées sur les influences diverses qui ont déterminé la structure spéciale des nids et la coloration du plumage des femelles sont fondées dans la nature, on ne peut guère en demander de preuves plus complètes que celles que nous avons énumérées. La nature offre en effet une trame si enchevêtrée de relations complexes qu'une série de corrélations, s'étendant dans toutes les directions au travers de centaines d'espèces, de genres et de familles, ne peut guère être autre chose que la manifestation de connexités réelles, et quand l'un des deux facteurs du problème dépend des faits les plus importants et les plus stables de la structure et des conditions de la vie, tandis que l'autre est d'un caractère superficiel et variable, il ne peut y avoir de doute sur ce qui est la cause et ce qui est l'effet.

L'explication du phénomène ne repose pas seulement sur les faits que nous venons de relater. Dans le mémoire sur les ressemblances mimiques que j'ai déjà cité, j'ai établi le rôle important que joue le besoin de protection dans le développement de la forme extérieure et de la coloration des animaux, et même dans celui de certains organes internes.

Comme exemple, je citerai les spicules crochues ou en forme d'étoiles des éponges et qui paraissent avoir pour utilité de rendre les tissus immangeables aux autres animaux. Les holothuries sont armées de défenses analogues, par exemple les synapta qui ont dans le parenchyme de leurs téguments des spicules en formes d'ancres; tandis que d'autres genres *(Cuviera squamata)* ont une peau recouverte d'un dur pavé calcaire. Ces animaux sont généralement colorés de rouge vif ou de poupre et sont très-apparents, tandis que leurs congénères, les Trepangs

ou bèches de mer *(Holothuria edulis)*, qui ne portent point de ces armes défensives, sont d'une couleur obscure de sable ou de boue qui ne permet pas de les distinguer du fond de la mer où ils reposent. Un grand nombre de petites espèces marines sont protégées par leur parfaite transparence, tandis que celles qui sont brillamment colorées ont ordinairement des organes protecteurs tels que les tentacules urticantes des physalia, ou bien une croute dure de calcaire comme les étoiles de mer.

Dans la lutte constante pour l'existence, la protection ou la faculté de se cacher est un des moyens les plus efficaces de conserver la vie, et c'est par les modifications de la coloration que cette protection s'obtient le plus facilement, car il n'y a guère d'autre caractère si sujet à de nombreuses et à de rapides variations. Les faits que nous venons de passer en revue sont tout à fait analogues à ce qu'on voit chez les papillons. En général, la femelle du papillon est vêtue de couleurs simples et peu apparentes, même quand le mâle est magnifiquement peint; mais lorsque l'animal est protégé par la sécrétion d'une odeur désagréable, comme chez les heliconidæ, les danaidæ et les acræidæ, les deux sexes se revêtent des mêmes brillantes couleurs. Toute théorie générale des phénomènes de la coloration chez les animaux doit tenir compte de ces deux cas aussi bien que de toute la série des faits que présentent chaque degré et chaque mode de coloration protectrice ou imitative.

Quelques personnes penseront que les causes auxquelles j'attribue tant d'influence sur l'aspect extérieur de la nature sont peut-être trop simples, trop insignifiantes et trop peu importantes pour jouer un tel rôle. Je les prierais de réfléchir que le grand objet de toutes les par-

ticularités de la structure organique est de conserver la vie de l'individu et de propager l'espèce. La coloration a paru n'être jusqu'ici qu'un phénomène accidentel et superficiel, donné à l'animal, non pour sa propre utilité, mais pour ainsi dire pour charmer les yeux de l'homme ou d'êtres supérieurs encore; pour ajouter, en un mot, à la beauté et l'harmonie idéale de la nature. S'il en était ainsi, la coloration des êtres organisés serait une exception dans la série des phénomènes naturels. Les faits qui en dépendent ne seraient pas la suite de lois générales ou dérivées des conditions ambiantes si variables. Il faudrait renoncer à rechercher leur origine et leurs causes, puisqu'elles dépendraient (dans cette hypothèse) d'une volonté guidée par des motifs impossibles à sonder. Mais il est singulier de constater qu'aussitôt qu'on commence à étudier et à classer les couleurs des êtres organisés, on leur trouve des corrélations intimes avec une variété d'autres phénomènes et une subordination marquée à d'autres lois générales. J'ai essayé d'éclaircir chez les oiseaux le jeu de ces lois, et j'ai expliqué comment la manière de construire le nid peut influencer la coloration du plumage des femelles. J'ai déjà prouvé (dans le mémoire sur les ressemblances mimiques), jusqu'à quel point et en combien de manières le besoin de protection a influencé la coloration des insectes et celle de quelques groupes de reptiles et de mammifères. Enfin, j'attire l'attention particulièrement sur le fait que les vives nuances des fleurs qu'on a si longtemps regardées comme une preuve absolue de ce que la coloration a été donnée pour un tout autre but que le bien du porteur, doivent leur développement aux mêmes grands principes d'utilité. Les fleurs ne requièrent pas beaucoup de pro-

tection, mais elles ont besoin de l'assistance des insectes pour les fertiliser et pour conserver leurs facultés de reproduction en bon état de vigueur. Leurs vives couleurs attirent les insectes, comme le font aussi leurs doux parfums et leurs sécrétions mielleuses ; et la preuve que c'est bien la fonction que remplissent les couleurs, c'est le fait remarquable que les fleurs que le vent suffit à fertiliser et qui n'ont aucun besoin du secours des insectes, n'ont que très-rarement, peut-être même jamais, des fleurs de couleurs apparentes.

La manière large dont le principe général de l'utilité s'est répandu sur le mode de coloration de groupes si divers, soit chez les animaux, soit chez les végétaux, nous prouve que nous avons réussi à traquer le règne de la loi jusque dans le fort même des champions des créations spéciales. A ceux qui chercheraient à nier l'explication que je donne des phénomènes relatés dans ce mémoire, je répondrai qu'il faut embrasser du regard tous les faits et non-seulement les rares exceptions. On reconnaît à l'aide de la théorie de l'évolution telle que l'a définie M. Darwin, qu'on réussit à coordonner et à expliquer une vaste masse de phénomènes relatifs à la coloration. Tant qu'on ne montre pas qu'une aussi énorme quantité de faits s'harmonise mieux avec une autre théorie, nous ne devons pas être appelés à abandonner la nôtre, car elle nous a rendu déjà de trop bons services et nous a conduit à découvrir une foule de relations harmonieuses, intéressantes et inattendues entre les phénomènes les plus ordinaires (les plus négligés et les plus mal compris) que présentent les êtres organisés.

DES EFFETS CHIMIQUES
PRODUITS
DANS LES ESPACES CAPILLAIRES

PAR

M. BECQUEREL PÈRE [1].

Voilà plus d'un an que M. Becquerel avec cette activité scientifique que l'âge ne diminue point chez lui, s'occupe d'une nouvelle question sur laquelle il a déjà publié cinq mémoires remplis de recherches d'un véritable intérêt. Cette question, qui a pour objet les phénomènes chimiques qui résultent de la capillarité, est un nouvel exemple du lien qui unit les forces physiques et les forces chimiques. Nous sommes maintenant bien loin du temps où la physique et la chimie étaient regardées comme deux sciences parfaitement distinctes, obéissant à des lois très-différentes et où le mode de constitution des corps était envisagé d'une manière ou d'une autre, suivant qu'on le considérait sous le rapport physique ou sous le rapport chimique, comme s'il pouvait y avoir deux manières d'être du même corps. — L'introduction en physique de la notion du poids atomique fournie par la chimie, a fait découvrir des lois importantes qui avaient échappé jusqu'alors aux observateurs. — Les rapports intimes qu'on a réussi à établir entre les phénomènes chimiques et les

[1] Voyez *Mémoires de l'Académie des Sciences*, t. XXXVI, et *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séances des 13 mai, 17 juin et 4 novembre 1867, et des 13 janvier et 20 avril 1868.

phénomènes électriques, les belles découvertes qu'on a faites sur l'action chimique de la lumière ont contribué à montrer toujours plus que les deux sciences au fond n'en sont qu'une, et qu'elles ne diffèrent que parce qu'elles étudient sous des formes différentes, les effets que produit l'action des mêmes agents sur la même matière.

Dernièrement encore des travaux de la plus grande importance ont établi de nouveaux liens entre les phénomènes physiques et les phénomènes chimiques. Ainsi, dans un mémoire du plus grand intérêt sur la température des flammes d'oxyde de carbone et d'hydrogène[1], M. Bunsen est arrivé à conclure d'un nombre considérable de faits étudiés avec le soin et l'exactitude qui le caractérisent, qu'*il se produit entre les atomes libres de différents corps des attractions soumises à la loi des proportions définies, même dans les cas où la combinaison chimique correspondant à ces proportions ne peut pas se former*. Ainsi encore M. Henri Deville, dans ses travaux si curieux sur la dissociation, est conduit à contester l'existence de la force hypothétique que les savants ont nommée *affinité chimique,* et à ne voir dans les phénomènes qu'on lui attribue que les résultats de l'action de la chaleur.

Mais de toutes les recherches récentes celles qui peut-être établissent le rapprochement le plus grand entre les actions physiques et les actions chimiques, ce sont celles de Graham sur la dialyse, et en particulier sur l'absorption des gaz par les métaux. Le fait qu'il n'y a que certains gaz absorbés et que certains métaux absorbants, qu'il y a par conséquent là une espèce d'affinité élective, montre que le phénomène n'est pas purement

[1] *Archives des Sciences physiques*, avril 1868, tome XXXI, p. [illegible].

physique. Il y a plus : le palladium, d'après M. Graham, absorbe une quantité d'hydrogène telle qu'il y a un équivalent d'hydrogène absorbé pour un équivalent de palladium. Cependant l'idée d'une combinaison chimique n'est pas admissible par plusieurs raisons, et en particulier parce qu'il ne se produit aucun changement visible dans le palladium après son association avec l'hydrogène.

Les nouvelles recherches de M. Becquerel, père, sont du même ordre que celles que nous venons de rappeler, et ont plus d'un rapport avec celles de M. Graham sur la dialyse, ainsi que nous le verrons et que le constate M. Becquerel lui-même.

Commençons par résumer, aussi bien que cela nous sera possible, les résultats qu'a obtenus successivement M. Becquerel, et qui sont contenus dans les cinq mémoires communiqués à l'Académie des Sciences de mai 1867 à avril 1868.

La première série d'expériences de M. Becquerel a été faite au moyen d'un tube légèrement fêlé ; on forme ces fêlures en traçant avec un diamant une ou deux lignes longitudinales sur la surface du tube, puis en appliquant sur un point quelconque de ces lignes la pointe d'un petit tube chauffé au rouge-blanc.

Il faut avoir soin que la fente ne s'élargisse pas trop ; il faut seulement qu'elle permette aux dissolutions, ou du moins à l'une d'elles, de s'y introduire par action capillaire.

L'un des effets les plus remarquables est celui qu'on obtient en remplissant le tube ainsi fêlé, d'une dissolution concentrée de nitrate de cuivre, puis en introduisant ce tube dans une éprouvette contenant une dissolution marquant

12 à 15° de l'aréomètre, de monosulfure de sodium, dont le niveau est le même, afin que la pression soit égale des deux côtés. On aurait dû, par le simple mélange des deux dissolutions, obtenir du sulfure noir de cuivre et du nitrate de soude. Or il n'en a pas été ainsi : très-peu de temps après la préparation on a commencé à apercevoir dans les fentes, un dépôt très-brillant de cuivre métallique ayant une texture cristalline ; peu à peu le dépôt a augmenté, la fêlure s'est élargie et le tube a fini par éclater ; on a pu retirer alors des petits cylindres de cuivre de deux millimètres de diamètre.

Avec plusieurs autres dissolutions de cuivre les effets sont les mêmes, mais moins rapides. On obtient également des résultats semblables avec des dissolutions concentrées d'argent, d'or, de plomb, d'étain, de cobalt et de nickel ; celles de fer et de zinc donnent très-difficilement des effets de réduction.

L'auteur s'est servi de plusieurs sortes d'espaces capillaires outre celui dont nous venons de parler, tels que l'intervalle compris entre deux lames de verre ou de quartz, attachées ensemble ou étant pressées plus ou moins fortement l'une contre l'autre, tels encore que la porosité du papier parcheminé servant à la dialyse, les intervalles capillaires compris entre des grains de verre ou de quartz, la porcelaine ou le grès dégourdis, des tubes effilés par un bout. Le premier système a donné de bons résultats ; on a pu obtenir par son moyen la réduction de l'or, du cuivre, du plomb, du nickel, du cobalt et celle du platine que n'avait pas donnée l'emploi du tube fêlé.

M. Becquerel, dans son premier mémoire, après avoir étudié l'influence des diverses espèces d'espaces capil-

laires et décrit un très-grand nombre de cas de réductions opérées par les actions électro-capillaires ou mieux chimico-capillaires, cite des exemples de la formation des composés insolubles par l'effet des mêmes actions. Il observe, en terminant ce mémoire, qu'il existe maintenant tout un ensemble de faits à ajouter à ceux qu'il a observés, tels que les phénomènes dus aux propriétés de l'éponge de platine et des corps poreux, aux effets des diaphragmes, à ceux de teinture, qui peuvent constituer une partie importante de la chimie sous le nom de chimie capillaire.

Dans son second et son troisième mémoire, M. Becquerel cherche, en multipliant le nombre des faits, à analyser les causes physiques et chimiques qui interviennent dans les phénomènes de réductions métalliques qu'il a signalés. Avant d'examiner les explications qu'il en donne et les preuves expérimentales sur lesquelles il les appuie, je crois convenable d'insister encore sur quelques faits de détail qu'il expose dans différentes parties de son travail.

Parmi ces faits je signalerai d'abord les effets produits par différentes espèces de diaphragmes, tels que le verre et le quartz broyés en parties ténues, le sable fin et le plâtre gâché dont les interstices sont des espaces capillaires. Pour étudier l'effet du sable fin et du quartz pilé, il en introduit une certaine quantité dans des tubes fermés avec un morceau de toile fixé avec un fil sur la paroi extérieure, et formant des diaphragmes de quatre à cinq centimètres de hauteur, puis il place successivement diverses solutions métalliques dans le tube et la dissolution de monosulfure de sodium dans l'éprouvette, en ayant soin que le sable soit assez fin et la hauteur de la colonne suffisante pour que le mélange des deux dissolutions soit

très-lent à s'effectuer. La plupart des métaux sont réduits ainsi de leurs dissolutions; c'est le cas du cuivre, de l'argent, de l'or, du cobalt, du nickel, etc. Une dissolution à parties égales de nitrate de cuivre et d'argent donne d'abord de l'argent en dendrites ou en plaques; le cuivre vient ensuite, mais longtemps après. Avec le plâtre gâché, on obtient la réduction du platine, du cobalt, etc. M. Becquerel a en même temps essayé de remplacer dans ses anciennes expériences faites avec les appareils électro-chimiques simples, le kaolin dont il faisait usage comme diaphragme, par des fêlures des tubes. Ainsi dans son couple, dit à gaz oxygène, il a substitué au tube rempli de kaolin qui séparait la dissolution de potasse caustique de l'acide nitrique, un tube fêlé fermé par un bout à la lampe, et il a obtenu les mêmes effets; il en a été de même dans tous les autres cas analogues où il employait des appareils électro-chimiques simples pour obtenir des sulfures et iodures simples et doubles.

M. Becquerel estime que la réduction des métaux dans les espaces capillaires ne saurait être expliquée, comme on a essayé de le faire, en faisant intervenir seulement l'attraction moléculaire, mais qu'elle est due aux actions combinées des affinités, de l'attraction moléculaire et de l'électricité.

Pour montrer l'influence de l'électricité dans la production du phénomène, M. Becquerel emploie l'appareil composé d'un tube de verre fêlé, rempli d'une dissolution de nitrate de cuivre qu'on plonge dans une éprouvette contenant une dissolution de monosulfure de sodium; puis il réunit ces deux dissolutions par un fil de platine ou de cuivre qui, en fermant le circuit, constitue un couple électro-chimique simple donnant naissance à un courant

accusé par le galvanomètre. En peu de temps, la dissolution de nitrate de cuivre est décomposée, et l'extrémité du fil qui plonge dans cette dissolution se recouvre de cuivre métallique. Pendant ces réactions, la fissure n'agit que pour permettre le contact entre les deux dissolutions, on n'aperçoit aucune trace de cuivre métallique dans l'intérieur de la fissure et sur la surface intérieure du tube. — Mais si on enlève le fil de cuivre, ce qui supprime tout conducteur métallique, alors la fissure se remplit de petits cristaux de cuivre métallique, ainsi que la paroi intérieure du tube. Dans ce cas, suivant M. Becquerel, c'est le liquide logé dans la fissure qui fait l'office du fil de cuivre supprimé, et il y a deux courants qui s'ajoutent, parce qu'ils sont dirigés dans le même sens, l'un dû à la réaction des liquides, l'autre provenant de l'oxydation du métal réduit. Lorsque la fissure est remplie de métal, il peut arriver qu'il n'y ait plus de contact immédiat entre les deux liquides, et alors le couple cesse de fonctionner. On obtient les mêmes effets avec d'autres dissolutions métalliques, telle que le nitrate d'argent. Remarquons encore que les espaces capillaires étant beaucoup moins bons conducteurs de l'électricité à section égale que les fils métalliques dont ils remplissent les fonctions, les effets électro-chimiques doivent être beaucoup moindres.

M. Becquerel admet donc que les liquides enfermés dans des espaces capillaires jouent le rôle de conducteurs solides; il appuie son hypothèse sur ce que, d'après les expériences de M. Ed. Becquerel, la conductibilité des liquides renfermés dans des tubes capillaires est plus grande que ne le comporte la section de la colonne liquide. Ce fait important tendrait à prouver que l'augmentation

de densité de la couche liquide retenue à la surface du verre par l'attraction moléculaire, intervient pour former un circuit voltaïque composé seulement de liquides.

Je ne m'étendrai pas sur divers perfectionnements introduits successivement par M. Becquerel dans la construction de ses appareils, non plus que sur de nombreuses expériences faites en remplaçant le monosulfure de sodium par d'autres dissolutions. Je me bornerai, avant de conclure, à insister encore sur quelques points qui me paraissent plus importants.

Je signalerai d'abord une série de faits qui sembleraient prouver la production de courants électriques dans les fissures des vases de verre fêlés sans l'intervention apparente d'actions chimiques. Dans tous les phénomènes précédemment décrits, les fissures des vases fêlés, quoique très-étroites, permettent néanmoins aux deux liquides qui mouillent les parois de réagir chimiquement l'un sur l'autre dans les espaces capillaires et de donner lieu à des effets électro-chimiques. Mais voici ce qu'on observe en variant la largeur des fissures. Si la largeur est relativement grande, les dissolutions se mélangent plus ou moins rapidement en donnant lieu à des précipités ordinaires résultant d'une double décomposition. Avec une largeur moindre, on arrive aux phénomènes électro-capillaires de réduction des métaux, que nous avons décrits. A un degré inférieur on a un courant électrique sans action chimique apparente, courant qui a la même direction que si la réaction avait lieu. Enfin les fentes peuvent être si étroites qu'il n'y ait ni réduction métallique, ni courant électrique; évidemment dans ce cas les liquides ne communiquent plus entre eux.

Pour obtenir le courant électrique sans action chimique

apparente, on détermine dans un petit bocal en le touchant en un point, après l'avoir chauffé, avec un tube de verre légèrement mouillé, des fissures ayant la forme d'une étoile. On remplit ensuite le bocal fêlé jusqu'au-dessus de l'étoile avec une dissolution de nitrate de baryte, et on le place dans un autre vase contenant de l'acide sulfurique étendu ; deux lames de platine plongeant chacune dans un des liquides sont reliées par le fil d'un galvanomètre, et on obtient un courant électrique sans apparence de réaction chimique; c'est-à-dire qu'il n'y a point de dépôt de sulfate de baryte. En associant de même une dissolution de chromate de potasse avec une autre de nitrate de plomb ou bien une dissolution de ferro-cyanure potassique avec une dissolution de protosulfate de fer, on n'obtient non plus aucun précipité, ce qui prouve qu'il n'y a pas de réaction chimique apparente, quoiqu'il y ait production d'un courant électrique. Par contre, en opérant avec des dissolutions de nitrate de cuivre et de monosulfure de potassium et le même vase qui a servi aux précédentes expériences, on a un courant énergique et quelque temps après on obtient un dépôt de cuivre métallique dans la fissure. Il est vrai que la force électromotrice qui a lieu dans le contact des deux dernières dissolutions est beaucoup plus considérable que celle des autres dissolutions qui avaient été soumises à l'expérience. M. Becquerel reconnaît qu'il est possible qu'avec ces dernières dissolutions, les réactions chimiques étant excessivement faibles, il y ait production d'un courant électrique sans qu'on aperçoive de longtemps les effets résultant de l'action chimique qui l'a produit. Cela nous paraît très-probable.

Dans cette partie de ses recherches, M. Becquerel in-

siste sur ce qu'il appelle les propriétés polaires des parois des fissures des vases fêlés, agissant comme électrodes, quand ces fissures laissent passer le courant fourni par une pile ; c'est aussi un point intéressant sur lequel je m'arrêterai un instant, vu qu'il me paraît se rattacher à une loi plus générale découverte par Faraday. Voici d'abord l'expérience de M. Becquerel.

Quand on décompose une dissolution de nitrate ou de sulfate de cuivre contenue partie dans un vase fêlé, partie dans un vase non fêlé, où plonge le premier, et qu'au moyen de deux électrodes de platine placées l'une dans un des vases, l'autre dans l'autre, on fait passer à travers les dissolutions, le courant d'une pile composée de plusieurs couples, on obtient une décomposition dans laquelle l'électrode négative se recouvre de cuivre métallique; mais le courant a une faible intensité à cause de la mince couche de liquide qui se trouve dans la fissure, laquelle dans ce cas ne joue aucun rôle. Il n'en est plus de même quand le vase fêlé contient une dissolution de potasse caustique et l'électrode négative, tandis que l'autre vase renferme la dissolution métallique et l'électrode positive. Dans ce cas l'eau seule est décomposée, et non la dissolution métallique, tant du moins que les deux dissolutions ne sont pas mélangées. Qu'on prenne maintenant deux vases fêlés contenant de l'eau acidulée et plongeant dans une dissolution de nitrate de cuivre; les parois des fissures agissent alors comme conducteurs intermédiaires; la paroi extérieure du vase positif se recouvre de cuivre métallique, tandis que l'acide se rend sur l'électrode négative[1]. Le rôle des fissures étroites est ici d'empêcher

[1] Nous croyons que l'auteur entend par là la paroi de la fissure

le mélange des dissolutions; elles agissent alors comme des conducteurs intermédiaires, les deux lames de platine se trouvent dans des dissolutions conductrices non métalliques qui ne se mélangent pas avec la métallique, quoique elles soient en contact avec elle.

Le phénomène que nous venons de décrire est tout à fait analogue à une expérience de Faraday, dans laquelle le savant physicien anglais fait passer un courant électrique à travers une dissolution concentrée de sulfate de magnésie en contact avec une certaine quantité d'eau pure placée au-dessus et disposée de façon qu'il ne puisse y avoir mélange entre les deux liquides. En mettant l'électrode positive dans le sulfate de magnésie et la négative dans l'eau, on voit la magnésie, au lieu d'aller se déposer contre la surface de l'électrode négative de platine, s'arrêter dans l'eau à la surface de séparation entre l'eau et le sulfate. Ce fait, très-facilement explicable dans la théorie de Grotthus sur le mode de propagation du courant électrique dans les liquides électrolytiques, tient à ce que la molécule de magnésie arrivant dans l'eau ne trouve plus une molécule d'acide avec laquelle elle puisse se combiner, ce qui n'aurait pas lieu si l'eau et le sulfate avaient pu se mélanger même en petite proportion. Il est probable que c'est un phénomène du même genre qui a lieu dans l'expérience de M. Becquerel, et que le fait qu'il a observé tient à ce que la dissolution de nitrate de cuivre n'étant en communication avec les deux dissolutions acides que par l'intermédiaire des fissures capillaires, il ne peut non plus y avoir de mélange entre elles. Or, dès qu'il n'y a pas mélange en proportion plus ou moins considérable

qui communique avec la dissolution acide où plonge l'électrode négative. (*Réd.*)

entre deux dissolutions contiguës, il ne peut pas y avoir d'électrolyse ordinaire.

Dans son quatrième Mémoire, M. Becquerel décrit un procédé très-ingénieux de M. E. Becquerel pour mesurer les espaces capillaires, en particulier la largeur des fissures et même les dimensions des pores des membranes d'origine animale ou végétale. Le procédé dont il s'agit consiste à comparer le pouvoir conducteur d'un liquide renfermé dans l'espace capillaire dont on veut mesurer les dimensions, au pouvoir conducteur du même liquide placé dans un tube capillaire dont on connaît exactement le diamètre et la longueur. Cette méthode est extrêmement sensible et permet d'évaluer des intervalles de quelques millièmes de millimètres ; elle exige néanmoins dans son application quelques précautions et certaines déterminations préalables.

Les déterminations faites par ce procédé ont montré que lorsque l'intervalle des lames est seulement de quelques centièmes de millimètre, la réduction de la plupart des métaux a lieu, tandis que lorsqu'il n'est que de quelques millièmes de millimètre l'argent et l'or sont réduits facilement, tandis que les autres le sont lentement et avec difficulté.

Quand on prend pour espace capillaire l'intervalle compris entre deux lames de verre bien planes, maintenues l'une contre l'autre par une ligature de manière à ne laisser entre elles qu'un très-petit intervalle capillaire, on obtient des effets beaucoup plus réguliers qu'avec les tubes fêlés dont les fissures n'ont pas partout la même largeur. On introduit le liquide, qui est une dissolution métallique, entre les lames au moyen d'un petit réservoir supérieur et on règle cette introduction de façon que la

sortie du liquide par les bords ne soit pas sensible, ce dont il est facile de s'assurer. Puis on plonge le système des deux lames entre lesquelles est le liquide dans un vase extérieur où se trouve l'autre dissolution, celle de monosulfure par exemple.

Il arrive quelquefois que les dépôts métalliques qui se forment entre les lames de verre dont l'intervalle est seulement de quelques centièmes de millimètres, entre lesquelles se trouve une bande de papier à filtrer et tenues jointives avec des liens, exercent une telle force d'expansion que, lors même que les liens ne sont pas rompus, une des lames, quand elle n'est pas épaisse, est quelquefois brisée. On conçoit, d'après cela, comment des roches donnant passage à des dissolutions diverses par infiltration et dans lesquelles s'opèrent des effets électro-capillaires semblables à ceux que nous décrivons, peuvent éclater ou bien se fendre.

Nous ne suivrons pas M. Becquerel dans les applications qu'il fait de ses nouvelles recherches à l'explication de divers phénomènes naturels, soit dans la nature inorganique, soit dans la nature organique. On conçoit facilement, en effet, que dès qu'il s'agit d'actions où la capillarité joue un rôle important, cette application se présente naturellement. En effet, s'il s'agit de la nature inorganique, les infiltrations qui ont lieu dans les fentes des roches doivent amener des effets du genre de ceux dont nous avons parlé, et en particulier opérer dans des circonstances favorables, la réduction des métaux; s'il s'agit par contre de la nature organique, on conçoit le rôle important que jouent nécessairement dans les phénomènes vitaux, les tissus poreux et les vaisseaux étroits que possèdent les végétaux et les animaux. Mais c'est seulement

des phénomènes de la vie végétale que s'est occupé M. Becquerel dans l'application qu'il a faite de ses travaux sur la force électro-capillaire. Ajoutons que, dans un cinquième et dernier Mémoire, l'infatigable académicien français a cherché à établir d'une manière plus complète les relations qui existent entre l'endosmose, l'exosmose et la dialyse découvertes par Dutrochet et par Graham, et l'électro-capillarité dont, suivant lui, elles ne sont que des cas particuliers.

Nous n'avons pu donner qu'une analyse bien imparfaite des recherches de M. Becquerel sur les phénomènes électro-capillaires; toutefois ce que nous en avons dit suffit pour en faire ressortir l'importance. Cherchons, en terminant, à nous en faire une idée plus exacte en les résumant en peu de mots, et en essayant de les apprécier, soit dans leurs effets, soit dans leurs causes.

Le point fondamental est l'influence qu'exerce sur les phénomènes qui se passent dans le contact de deux liquides, le fait que ce contact n'a lieu qu'à travers un espace très-étroit, autrement dit capillaire. Cette influence est-elle seulement négative, c'est-à-dire tient-elle seulement à ce que les deux liquides séparés par un espace étroit, ne peuvent pas se mélanger tout en étant en contact ? Nous croyons que c'est quelquefois le cas, comme, par exemple, lorsqu'on soumet à l'électrolyse deux liquides placés l'un à la suite de l'autre sur la route du courant, de manière à ne communiquer ensemble que par l'intermédiaire des espaces capillaires, et par conséquent sans pouvoir se mélanger. Mais il y a plus : les phénomènes d'exosmose, d'endosmose et de dialyse montrent qu'il peut y avoir une influence positive qui résulte, soit du fait que les liquides ne sont en contact entre eux que par de très-petites sur-

faces, soit de la nature même de la substance solide, qui sert d'enveloppe aux espaces capillaires.

Les phénomènes observés par M. Becquerel semblent aussi indiquer que la nature relative de la dissolution et de la substance solide poreuse ou percée d'ouvertures capillaires n'est pas sans influence, et il attribue en général les effets qu'il a obtenus à une production d'électricité. Suivant lui, dans le cas où les deux dissolutions en contact ne sont pas réunies par un corps solide conducteur, cas dans lequel il y a évidemment formation d'un couple, la petite couche ou colonne liquide renfermée dans l'espace capillaire joue le rôle de ce corps solide conducteur, ou tout au moins les parois de nature isolante (de verre en général) de l'espace capillaire en font l'office lorsqu'elles sont humectées du liquide qui est lui-même conducteur. C'est ainsi que s'expliquerait la réduction qui s'opère contre ces parois de ceux des métaux dont les dissolutions sont en contact avec elles. M. Becquerel, entre autres preuves à l'appui de cette explication, rapelle que, d'après les recherches de M. E. Becquerel, les colonnes liquides renfermées dans des espaces capillaires sont proportionnellement plus conductrices qu'elles ne devraient l'être d'après la loi des diamètres.

Nous avons quelque hésitation, nous l'avouerons, à admettre l'explication qui précède. D'abord nous nous demanderons si dans les cas dont il s'agit, c'est-à-dire lorsqu'il y a réaction chimique entre deux dissolutions séparées l'une de l'autre, soit par des diaphragmes, soit par des espaces capillaires qui permettent leur contact, tout en les empêchant de se mélanger, il y a vraiment intervention de l'électricité. Que cette intervention existe quand les deux dissolutions ainsi disposées sont réunies

par un conducteur métallique extérieur, il n'y a aucun doute, car il y a alors formation d'un couple et les extrémités du conducteur sont de véritables électrodes qui reçoivent les dépôts provenant de la décomposition électrolytique. Mais quand deux dissolutions sont simplement en contact sans se mélanger, étant séparées l'une de l'autre par un diaphragme poreux ou par un espace capillaire, il y a sans doute développement de force électromotrice dans les deux surfaces liquides qui se touchent, développement suivi d'une action chimique et de la production d'un courant électrique, mais ce courant est dans ce cas moléculaire ou local, et il ne peut être perçu qu'autant que les deux liquides sont réunis par un conducteur solide; il nous paraît être plutôt le résultat que la cause de l'action chimique qui a lieu. Au lieu donc d'admettre que le liquide renfermé dans l'espace capillaire fait l'office du conducteur solide, n'est-il pas plus naturel de supposer que l'effet observé n'est que le résultat de l'action chimique modifiée plus ou moins par le fait que l'espace est capillaire, et en particulier que l'action ne peut avoir lieu que sur un petit nombre de molécules à la fois et successivement, au lieu de s'exercer sur tout l'ensemble des deux dissolutions en même temps. Il y a évidemment là un point important à étudier. Il est très-possible que l'action chimique soit modifiée par l'attraction dite moléculaire à laquelle on attribue la capillarité. Il est possible également que cette attraction dite moléculaire ne soit qu'une forme de l'affinité, ou plutôt que les deux forces n'en soient qu'une, de telle façon que dans l'espace capillaire le liquide ne serait plus dans les mêmes conditions, soit physiques, soit chimiques, qu'il présente quand il est en masse, en sorte que l'action d'un autre liquide sur la

couche capillaire serait toute différente de ce qu'elle est sur le liquide dans son état ordinaire. Ce serait une action du même genre que celle à laquelle appartiennent les effets chimiques de contact, dits catalytiques.

En un mot, il est évident que plus on avance dans l'étude de la chimie, plus on trouve que les explications des phénomènes chimiques fondées uniquement sur l'exercice de la force appelée affinité, telle qu'on l'a longtemps conçue, sont insuffisantes. Comme je l'ai dit au commencement de cet article, une foule de phénomènes nouveaux démontrent cette insuffisance. Et parmi ces phénomènes l'un des plus remarquables est la modification que la présence dans un liquide ou dans un gaz, d'un corps solide en apparence inerte, apporte aux relations chimiques de ce liquide ou de ce gaz avec les autres. Et, en effet, la surface limite d'un liquide ou d'un gaz, telle que celle que détermine sur ses deux faces un diaphragme introduit dans ce liquide ou ce gaz, doit avoir des propriétés toutes différentes du reste de la couche. Or le caractère des liquides placés dans des espaces capillaires, c'est d'être presque exclusivement formés de surfaces limites. Il ne serait donc pas très-étonnant que dans ces conditions leurs propriétés devinssent toutes différentes de ce qu'elles sont quand ils se trouvent dans leur état naturel. Quand on rapproche les idées théoriques de Clausius sur la constitution des liquides et des gaz, des travaux de tant de savants chimistes dont j'ai parlé en commençant, de ceux de Deville sur la dissociation, de ceux de Graham sur la dialyse, de ceux de Bunsen sur la combinaison de certains gaz, sans compter ceux plus anciens de Berzelius sur la catalyse, de Dutrochet et de tant d'autres sur l'endosmose et l'exosmose, on arrive à se convaincre qu'il y a là

toute une nouvelle face de la chimie à considérer. Dès lors il me semble prématuré de chercher à donner une explication rationnelle des phénomènes récemment découverts par M. Becquerel en les attribuant à un effet électro-capillaire. Ils ne sont probablement, ainsi que je l'ai déjà dit, qu'une des formes nombreuses sous lesquelles se présentent ces actions chimico-moléculaires dans lesquelles la constitution physique du corps joue un rôle aussi bien que sa constitution chimique. Et lors même que toutes les idées théoriques de M. Becquerel à ce sujet ne seraient pas admises, cet illustre physicien n'en aurait pas moins rendu un grand service à la science en signalant les phénomènes eux-mêmes à l'attention des savants.

A. D. L. R.

LES RECHERCHES RECENTES
SUR LE FŒHN

PAR

M. Ad. HIRSCH [1].

Dès son origine la question du fœhn a été débattue au sein de notre société ; c'est notre collègue M. Desor qui nous l'a rapportée pour ainsi dire de son voyage du Sahara. Il est encore aujourd'hui un des inébranlables défenseurs de la théorie de son ami M. Escher, c'est-à-dire de l'origine africaine de ce vent, et de son rôle prépondérant dans le régime actuel des glaciers des Alpes. Vous vous rappelez peut-être, Messieurs, que dès les premières communications de M. Desor, j'ai regretté de ne pas pouvoir suivre notre collègue dans toutes les conséquences de cette hypothèse séduisante. Tout en admettant la possibilité théorique que les Alpes peuvent être atteintes quelquefois par des bouffées d'air qui s'élèvent sur le Sahara, je vous ai fait remarquer que d'après les observations météorologiques de nos stations suisses, le fœhn est un vent localisé dans certaines parties du versant nord des Alpes, tandis qu'il est presque inconnu sur le versant sud de la chaîne, et relativement rare sur

[1] Cette revue des travaux qui ont été dernièrement publiés sur le fœhn, a été communiqué par l'auteur à la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel. Nous la reproduisons en retranchant seulement l'analyse du mémoire de M. L. Dufour, dont nous avons déjà donné un extrait étendu. (Voyez *Archives*, tome XXXII, page 5.) (*Réd.*)

les plus hautes stations, ce qui constitue une grave difficulté pour l'hypothèse de son origine saharienne. De même j'ai fait voir que le fœhn n'était pas toujours et partout très-sec, et que dans nos Alpes les vents de nord-est amènent en général une sécheresse plus considérable que ces vents du sud; enfin la fréquence relativement rare et l'étendue restreinte du fœhn m'ont fait douter de l'importance capitale que MM. Escher et Desor lui attribuent dans le régime météorologique des Alpes, dont les glaciers, selon ces savants, reprendraient leur ancienne étendue sans l'intervention du fœhn.

Vous savez aussi, Messieurs, que l'origine saharienne du fœhn a été combattue par une des plus grandes autorités en météorologie, par M. Dove; car M. Desor nous a communiqué dans le temps la lettre que le savant physicien de Berlin lui avait écrite sur ce sujet. Enfin, je vous ai rendu compte d'un travail remarquable dans lequel M. le professeur Mousson avait réfuté géométriquement l'opinion, d'après laquelle le courant ascendant qui s'élève au-dessus du désert africain, ne pourrait pas atteindre nos Alpes à cause de la déviation qu'il subirait par suite de la rotation de la terre. C'est jusqu'à ce point que les documents de cette intéressante discussion scientifique ont été portés à la connaissance de notre société. Depuis lors la question s'est développée; le procès entre M. Dove, d'un côté, et les savants suisses de l'autre, a pris des proportions considérables; les répliques et les dupliques des avocats de l'Afrique et des Antilles se sont suivies avec une animation qu'on trouve rarement dans la procédure scientifique. — J'ai pensé qu'il vous intéresserait, Messieurs, de prendre connaissance des publications principales qui ont paru sur ce sujet, qui a

occupé la société helvétique dans presque toutes ses dernières réunions; je me propose de vous en rendre compte en substance, en m'attachant uniquement au fond de la question, et en laissant de côté la partie dramatique des débats.

Dans l'été de 1867 a paru un mémoire de M. Dove, qui porte le titre: « Sur l'époque glaciaire, le fœhn et le sirocco [1]. » Après avoir rappelé les théories de Fourrier et de Poisson sur la chaleur terrestre, ainsi que ses propres recherches sur la périodicité de la température totale du globe et sur les causes terrestres des changements de climat, M. Dove expose la théorie de M. Escher sur l'origine du fœhn et sur le rôle que ce vent a joué dans le retrait des glaciers depuis que le nord de l'Afrique, qui autrefois était une vaste mer, est devenu le désert actuel. — M. Dove qui, déjà en 1848, avait appelé l'Europe « le condensateur de la mer des Antilles, » et qui avait nié « que notre continent soit chauffé à air par un calorifère placé en Afrique, » montre que l'influence du Sahara se fait plutôt sentir dans la sécheresse extraordinaire et les vents chauds qui règnent dans le sud-est de l'Europe, dans l'Asie Mineure et jusqu'à la mer Caspienne. Le célèbre météorologiste développe alors les conséquences qui, selon lui, découleraient de l'existence d'une mer à la place du Sahara; il montre que les Alpes ne seraient plus, comme actuellement, situées à la limite des pluies subtropicales et des pluies d'été, mais qu'elles entreraient alors complétement dans la région de ces dernières; il s'ensuivrait que les condensations en forme de pluie gagneraient sur celles en forme de neige, ce qui

[1] Ueber Eiszeit, Föhn und Sirocco, von H.-W. Dove, Berlin, Verlag von Dietrich Reimer, 1867.

diminuerait nécessairement la masse des glaciers. Par contre, le contraste entre la température des deux hémisphères se trouverait diminué, l'hémisphère boréal serait plus froid, l'hémisphère austral plus chaud, effet qui combattrait le premier. Du reste, M. Dove cite à ce sujet un passage de son mémoire de 1863 : « L'influence des Alpes sur le climat des pays voisins, » dont j'ai rendu compte dans le temps à notre Société. Il y est dit : « Tout changement qui se produirait dans la distribution des continents et des mers de la zone tropicale, doit nécessairement avoir la plus grande influence sur le climat de la zone tempérée. Mais quiconque sait apprécier les difficultés qu'on rencontre dans la résolution des problèmes météorologiques pour l'état actuel de la surface terrestre, reculera devant l'essai de vouloir deviner les phénomènes météorologiques dans l'hypothèse d'une autre configuration de la surface du globe. »

L'auteur rappelle alors les différentes opinions qui se sont fait jour sur la nature du fœhn ; il combat surtout les objections que M. Desor avait développées dans son livre : « Le Sahara et l'Atlas, » contre l'opinion de M. Dove. Il se défend d'avoir nié la possibilité qu'un vent nous arrive en été du Sahara; en effet, M. Dove a prétendu seulement que le courant équatorial supérieur qui, en été, provient du Sahara, est ordinairement dévié vers l'Asie Mineure qu'il dessèche, mais qu'exceptionnellement il peut descendre en Europe, sous forme d'un vent chaud et sec.

M. Dove discute alors en détail la question de l'humidité du fœhn, qui avait été représenté par MM. Escher et Desor comme un vent essentiellement sec. Il rapporte d'abord de nombreux faits qui constatent des chutes co-

pieuses de pluie et de neige sur l'autre versant des Alpes, tandis que le fœhn régnait de ce côté ; il donne des détails sur la fameuse tempête du 6 janvier 1863, qui avait été accompagnée de terribles chutes de neige partout dans les Alpes de la Suisse et du Tyrol, et qui avait été précédée de pluies exceptionnelles partout dans l'Europe méridionale. M. Dove montre par les observations des différents pays que ce fœhn n'a été que la limite orientale d'un large courant équatorial qui a régné alors sur toute l'Europe occidentale.

Pour le fœhn du 17 février 1865, qu'on avait cité comme exemple d'un fœhn sec d'hiver, M. Dove montre par nos observations suisses (ainsi que je vous l'ai fait remarquer déjà dans le temps) qu'il a provoqué presque partout en Suisse, à l'exception de quelques stations dans les Grisons, des chutes de neige considérables, que M. Dove explique par l'irruption d'un courant équatorial humide dans l'air extraordinairement froid qui avait couvert pendant la période précédente presque toute l'Europe.

L'auteur passe ensuite au scirocco des Italiens et à son rapport avec le fœhn suisse. Par des citations nombreuses depuis Aristote, Pline et Virgile jusqu'à Toaldo, Calandrelli et L. de Buch, ensuite par une description détaillée du sirocco tel qu'il existe sur la côte d'Istrie, il fait voir son caractère humide et son origine océanique; mais il n'oublie pas qu'à côté de ce sirocco humide et pluvieux, les Italiens connaissent un « scirocco del paese,» qui est chaud et sec. Cependant M. Dove n'admet pas que ce soit un seul et même vent d'origine africaine, qui resterait sec lorsqu'il passe sur la terre ferme d'Italie et qui se chargerait d'humidité lorsqu'il passe sur la Médi-

terranée. Déjà dans sa lettre à M. Desor, le grand météorologiste avait montré que les vents de sud-ouest, qui soufflent en hiver dans l'Europe méridionole, doivent leur humidité à l'Océan et non pas à la Méditerranée; il appuie cette opinion par de nouveaux arguments. — Enfin, M. Dove, qui avait donné déjà il y a longtemps la théorie des tempêtes qui se produisent dans la région du nord de l'Afrique, des West-Indian Hurricanes et des Typhons, y rattache, maintenant que les observations suisses lui fournissent les données, la théorie du sirocco et du fœhn. Pour cela il rappelle la diminution générale de la pression atmosphérique, qui a lieu en été sur le nord de l'Afrique et sur presque toute l'Asie centrale et méridionale. Là se forme un puissant courant ascendant, qui de tous les côtés fait appel d'air à la surface du sol, et se déverse dans la hauteur en sens opposé, d'un côté vers le nord-est sur l'Océan Pacifique boréal, et de l'autre vers l'Amérique par-dessus l'Europe, où le passage de ce courant supérieur cause en plein été une recrudescence de la pression, malgré l'échauffement estival de l'air. Dans la région tropicale on peut facilement montrer que dans les couches supérieures l'air ne se meut pas toujours du sud-ouest vers le nord-est, mais que souvent il y a de puissants courants marchant de l'est à l'ouest. Ce sont ces courants latéraux qui, en déversant dans la hauteur l'air monté au-dessus de l'Afrique et de l'Asie, empêchent le vent alizé supérieur de regagner les tropiques, et le forcent de s'abattre dans le vent alizé inférieur. Or, lorsqu'un vent d'est vient tomber dans un courant qui marche du sud-ouest vers le nord-est, il produira un mouvement tournoyant dans une direction contraire à celle d'une aiguille de montre; c'est là l'origine des West-Indian

Hurricanes dans les Antilles, et des typhons des mers des Indes et de la Chine.

M. Dove entreprend ensuite la classification des tempêtes de l'Europe méridionale; il distingue les quatre formes suivantes:

1° Les tempêtes des équinoxes, qui sont simplement le courant équatorial passé rapidement dans des latitudes septentrionales, qui n'ont rien à faire avec le courant ascendant de l'Afrique, et qui, en frappant la chaîne des Alpes du côté d'Italie, y déposent leur humidité et apparaissent de notre côté et en Allemagne avec un temps plutôt sec et clair; nous sommes alors, en Suisse, derrière le mur des Alpes, comme garantis contre la pluie venant du sud-ouest. M. Dove appelle ce vent *Scirocco* ou *Fœhn*, tout court.

2° Les ondes extrêmes des « West-Indian Hurricanes » ou « cyclones; » comme ces tempêtes prennent naissance par l'irruption d'un courant venant du désert dans le vent alizé supérieur, il y produit le mouvement de tournoiement, qui fait que la girouette peut montrer sud-est, quoique le vent nous vienne du sud-ouest. Dove donne à ces tempêtes le nom de *Scirocco turbinoso*.

3° Lorsque dans ce conflit des deux courants le vent alizé reste le maître, il entraînera avec lui l'air africain vers le nord-est; c'est alors que ce vent équatorial nous apporte les pluies de sang et la neige rouge; dans ce cas — comme s'exprime M. Dove avec une image toute militaire — l'Europe verra d'abord arriver l'armée battue, en fuite (le courant africain), suivi de son vainqueur (le vent alizé); nous avons alors un fœhn qui commence avec une grande sécheresse et qui finit par des pluies très-fortes. M. Dove l'appelle *Leste-Fœhn* ou *Leste-Scirocco*,

parce que à Madère on appelle *Leste* le vent d'est venant d'Afrique.

4° Enfin, si le courant africain a une largeur considérable, il arrive que l'Italie et la Suisse restent plongées dans l'air sec du désert, tandis que, en même temps, la France et l'Angleterre sont envahies par l'air océanique.

Si l'air qui fait irruption depuis l'est vient de plus loin, depuis la mer des Indes, il sera plus humide que celui du courant équatorial qui, dans son passage sur le continent s'est desséché peu à peu; dans ce cas, le commencement de la tempête sera plus humide que la fin.— Cette quatrième forme est nommée par Dove *Fœhn terrestre* ou *Scirocco del paese.*

Le déplacement qu'éprouve avec les saisons la région des vents alizés dans le sens des méridiens, explique pourquoi l'Europe méridionale est exposée aux vents secs plutôt en été qu'en hiver; en été le courant équatorial n'a qu'à vaincre un vent latéral; en hiver, au contraire, où le Sahara est compris dans la région de l'alizé inférieur (nord-est), il rencontre un courant d'une direction complétement opposée, qu'il a moins de chance de refouler.

M. Dove montre ensuite quelle confusion doit se produire lorsque tous ces vents différents sont appelés du même nom, de scirocco en Italie, ou de fœhn en Suisse. Enfin M. Dove mentionne encore parmi nos fœhns d'été des vents qui, humides dans l'origine, condensent leur humidité sur le versant sud-ouest des Alpes, et, en dépassant la chaîne, deviennent secs tout en regagnant de la chaleur, par le fait qu'ils s'abaissent de nouveau de notre côté. Il explique ainsi que très-souvent le fœhn est humide dans la Suisse occidentale et méridionale, et très-sec dans la Suisse orientale; mais apparemment on ne peut pas

faire venir un tel vent du Sahara. Quant à la disparition de la neige devant le fœhn dans les Alpes, M. Dove observe que la neige fond ordinairement avec la plus grande rapidité sous l'action d'une pluie chaude; et il voudrait qu'on s'assurât aussi dans les Alpes si ces fœhns mangeurs de neige ne sont pas souvent accompagnés de pluies.

Quant aux pluies de sang ou à la poussière rouge qu'on trouve sur la neige, M. Dove distingue trois cas:

1° Si l'analyse microscopique montre exclusivement des formes américaines, ce qui, d'après Ehrenberg, arrive le plus souvent, elle indique un vrai sirocco ou fœhn, qui a amené cette poussière organique depuis l'Amérique du sud et spécialement des Llanos de Venezuela.

2° Si on ne trouve que des formes africaines, ce qui est, selon Dove, très-rare, la poussière serait amenée par un scirocco del paese.

3° Enfin, si l'analyse montre un mélange des deux formes, on doit y reconnaître un leste-fœhn.

Mais en général M. Dove soutient que toute pluie de sang ou neige rouge suppose un vent humide dans l'origine, et que ces phénomènes appuient par conséquent sa théorie du fœhn.

M. Dove étudie encore en détail les tempêtes du 28 février et du 23 septembre 1866. Quant à la première, il montre par les observations météorologiques de l'Allemagne, de France, d'Italie et de la Suisse, que c'était un courant équatorial qui avait déjà depuis quelque temps lutté contre le courant polaire, et qui enfin réussit, le 28 février, à refouler son adversaire; ce courant couvrait l'Allemagne avec son aile droite et son centre était sur la France, où se trouva le minimum barométrique.

La tempête du 23 septembre 1866 est un exemple d'un *scirocco del paese* ou d'un *fœhn terrestre;* mais encore ici, on voit à côté de vingt-quatre stations plus orientales, où arrive un maximum de sécheresse, des chutes de pluie énormes dans les hauteurs et dans la Suisse occidentale. En même temps, le beau temps régnait en Italie, de sorte que ce fœhn n'est descendu à la surface qu'en Suisse ; de là il gagna l'Allemagne. Mais du côté de l'ouest, en France, il régna un terrible vent équatorial, suivi de grandes inondations.

M. Dove y voit une preuve que la Suisse, comme l'Italie, est située sur la limite orientale du grand courant équatorial, provenant de la mer des Antilles, mais qu'elle est comprise quelquefois dans le bord occidental du courant africain provenant du Sahara qui se déverse ordinairement vers l'Asie ; car les courants atmosphériques ne coulent pas, comme les fleuves, entre des rives fixes, mais comme les courants océaniques entre des bords éminemment variables. Toutefois ces cas de fœhns terrestres sont de rares exceptions. Aussi M. Dove finit en déclarant qu'il ne peut pas appuyer le vœu de M. Desor que le Sahara reste encore longtemps un désert, parce qu'il ne partage pas sa croyance que c'est le vent du Sahara « qui avec son souffle chaud et sec retient les glaciers des Alpes dans leurs limites actuelles. » M. Dove ne verrait aucun danger pour la Suisse, si les Français pouvaient réussir, au moyen de leurs puits artésiens, à transformer le désert en plaine verdoyante.

En septembre 1867, M. Hann, qui avait défendu déjà la théorie de Dove dans l'excellent journal météorologique de l'Autriche, a publié dans le même journal une

petite étude intéressante sur le fœhn dans les Alpes autrichiennes. Le fœhn y est endémique presque exclusivement à Bludenz (dans le Voralberg), donc tout près de notre région principale du fœhn en Suisse; quelquefois on l'observe à un moindre degré à Innsbruck et Salzbourg, jamais de l'autre côté de la chaîne centrale, en Carinthie ou dans la Carniole. A Bludenz, le fœhn, qui vient ordinairement du sud-est en suivant la direction de la vallée, a tous les caractères que nous lui connaissons à Glaris ou à Saint-Gall : élévation considérable de la température et diminution de l'humidité relative; M. Hann observe avec raison que l'humidité absolue ne diminue pas toujours sensiblement, qu'elle peut même augmenter dans le commencement et pendant la durée du fœhn. Pendant que le fœhn soufflait à Bludenz, Dornbirn et Innsbruck, du 14 au 17 février 1867, il n'y en avait pas de trace ni à Meran, ni à Lugano, où l'on observait, au même moment, la hausse considérable du baromètre qui existait alors sur toute l'Italie du nord. De même, au pied nord des Alpes, la température était plutôt élevée, mais sans la sécheresse caractéristique du fœhn. Voilà donc de nouveau un exemple d'un fœhn bien limité dans quelques vallées du versant nord des Alpes.

Aussi M. Hann explique la sécheresse du fœhn de ce côté des Alpes par l'action que la montagne exerce sur un vent chaud et humide qui la traverse. En la franchissant à une hauteur considérable, sa température doit s'abaisser nécessairement, et par suite il laissera tomber, sous forme de pluie ou de neige, toute la vapeur qui dépasse la saturation à cette basse température. En descendant du côté nord dans les vallées et dans les plaines, la pression plus considérable qu'il subit doit rehausser sa

température, et, par suite, diminuer nécessairement son humidité relative. Dans l'exemple du fœhn du 16 février, où il y avait 12,5° de chaleur à Bludenz, si le vent avait passé les Alpes à une hauteur de 9000′, il s'y sera refroidi à 0°; à cette température la quantité de vapeur qu'on lui a trouvée à Bludenz et qui correspondait à une pression de 1‴,32, lui aurait donné une saturation de 65 %, tandis qu'en bas avec 12° elle ne pouvait être que de 28 %.

Enfin, M. Hann est d'avis que d'après le dernier mémoire de Dove on ne peut plus mettre en doute que le fœhn d'hiver soit un vent chaud et humide. Du reste, à cette époque de l'année, d'après les cartes des isothermes, on ne saurait chercher dans le Sahara l'origine des courants ascendants d'air chaud. Et cependant les fœhns d'hiver sont les plus caractéristiques. Toutefois, M. Hann reproche à M. Dove de mettre en doute les observations de sécheresse extraordinaire de certaines stations suisses, malgré le caractère humide que le fœhn montre dans la plupart des autres.

M. Hann, qui constate pour Bludenz, comme nous l'avons fait pour la Suisse, que les vents les plus secs sont les nord et les nord-est, ne peut pas reconnaître au fœhn l'importance géologique qu'on lui prête en l'envisageant comme cause de la cessation de l'époque glaciaire.

Peu de temps après a paru sur le fœhn, dans la même revue météorologique, une notice de M. le Dr Mühry de Gœttingen, dans laquelle l'auteur s'attache à rassembler, dans les observations suisses des trois ans de 1864 à 1866, les faits et traits caractéristiques de ce vent. M. Mühry reconnait tout d'abord que la région du fœhn, en Suisse, est

limitée du côté nord-est de la chaîne centrale, aux massifs du Gotthard et du Tödi, comprenant ordinairement les vallées de la Reuss, de la Linth et du Rhin, mais s'étendant plus loin quelquefois. M. Mühry cite comme stations principales du fœhn les quinze suivantes : Andermatt, Engelberg, Altdorf, Auen, Schwytz, Glaris, Marschlins, Coire, Churwalden, Closters, Einsiedeln, Saint-Gall, Trogen, Alstätten, Sargans. Pour caractériser le phénomène, l'auteur donne, pour les deux fœhns, du 2 décembre 1863 et du 27 février 1866, les éléments météorologiques observés dans ces quinze stations et dans quinze autres situées au nord et au sud de la région. Il y comprend la température moyenne du jour, le minimum barométrique sous forme de différence avec la moyenne mensuelle ; l'humidité relative à une heure : la direction du vent et l'état du ciel. On voit par ces tableaux que le 2 et le 3 décembre 1863 a régné dans toute la Suisse un violent vent équatorial de sud-ouest, avec température élevée (à l'exception des stations au sud des Alpes), avec ciel couvert et pluie, et qu'en même temps on a observé dans la région du fœhn une sécheresse considérable, car l'humidité y est descendue de 40 % au-dessous de la moyenne du mois. Dans le second cas, du 27 au 28 février 1866, le fœhn a été plus étendu, comprenant encore les stations de Brienz, Zug, Stanz et Lohn, tandis que dans le reste de la Suisse régnait un sud-ouest violent ordinaire ; la région du fœhn montrait de nouveau une sécheresse remarquable ; l'élévation de la température était moins accusée et était presque la même partout de ce côté des Alpes, tandis qu'au sud il existait, au contraire, un refroidissement sensible. M. Mühry décrit alors plusieurs cas de fœhn d'été, qui ressemble en général au fœhn d'hiver et de printemps, sans être aussi accentué.

Quant à l'explication du phénomène, qu'il résume dans une élévation de température avec abaissement considérable d'humidité dans une région restreinte de l'atmosphère, M. Mühry, tout en reconnaissant que ce sujet exige encore bien des études, envisage le fœhn *comme une chute* (ou cascade) d'air se produisant dans un violent vent équatorial de ce côté des Alpes, et donnant lieu de ce côté, sous le vent, à une élévation de température, conséquence de la chute et de la compression de l'air, et surtout à une sécheresse extraordinaire. M. Mühry voudrait qu'on s'informât s'il existe dans l'ombre de cette chute d'air une région relativement calme au pied des hauteurs, d'où le fœhn s'abaisse. Enfin, il envisage comme probable que des phénomènes analogues existent aussi dans d'autres montagnes : il cite, par exemple, un vent chaud et sec qui règne en hiver du côté nord de l'Elborus.

Le dernier numéro du 15 avril 1868, de l'excellent recueil autrichien, contient sur ce sujet une lettre de M. le professeur Reissenberger, de Hermanstadt, signalant en Transylvanie une espèce de fœhn qui souffle du sud et amène brusquement une haute température sous laquelle la neige disparaît. Le 2 janvier dernier, par exemple, la température était le soir à 10 heures encore — 5°,6, et il y avait quatorze pouces de neige ; à 3 heures du matin commença le vent du Rothenthurm (c'est le nom qu'on lui donne dans ce pays), qui apporta une température de + 6°,4 et fondit la neige en 24 heures ; la saturation était 54 °/₀. Dans ce cas, comme dans plusieurs autres, *ce vent était localisé dans la vallée de Hermanstadt,* tandis que la neige restait tout autour. Lorsqu'il est très-violent, ce vent est suivi ordinairement de pluie ou de neige. M. Reissen-

berger y voit plutôt le courant équatorial qu'un vent saharien, et il croit que la disparition rapide de la neige devant ce vent est due plus encore à sa violence qu'à sa température élevée.

A la fin de l'année dernière, mon savant collègue, M. le professeur Wild a choisi la question du « fœhn et de l'époque glaciaire » pour sujet de son discours académique à l'anniversaire de la fondation de l'université de Berne. M. Wild commence à donner l'historique de la question et à résumer les différentes étapes qu'elle a parcourues jusqu'à la brochure de M. Dove qu'il analyse comme nous venons de le faire. Ensuite M. Wild se livre à une étude inductive du fœhn, en cherchant à déterminer, par les observations météorologiques suisses, les caractères de ce vent dans la région où il règne de préférence, en y comparant ensuite les données météorologiques simultanées du reste de la Suisse, et enfin en recherchant l'état général de l'atmosphère pendant l'époque des fœhns, pour pouvoir trouver ainsi des indices sur l'origine plus ou moins éloignée de ce vent.

M. Wild a trouvé dans les observations météorologiques suisses de 1864-1866, trente-sept cas de fœhn, durant un ou plusieurs jours ; les stations de fœhn par excellence sont : Glaris, Auen, Altdorf, Engelberg, Schwytz, Coire et Klosters ; il cite ensuite quatorze autres stations où le fœhn est moins fréquent, appartenant toutes, sauf Bex, au nord-est, et enfin quatorze autres stations où il est observé rarement. M. Wild cherche, avec raison, les traits caractéristiques dans les stations par excellence du fœhn ; comme tels il trouve : *élévation de la température, diminution de la saturation et de la pression,* toutes d'autant plus ac-

cusées que le fœhn est plus violent. Ordinairement l'abaissement de la saturation de 40 à 50 % au-dessous de la valeur normale, qui s'observe dans toutes les stations, ne dure pas longtemps et est suivie bientôt d'une saturation complète. Les pâtres des vallées intérieures, ainsi que MM. Escher et Desor, ont donc raison : *le fœhn commence dans cette région par une sécheresse exceptionnelle.*

Mais en même temps que l'air sec remplit ces vallées, on observe que *le ciel en haut se couvre plus ou moins de nuages de la forme des cyrrhus ou cyrrho-cumulus,* qui tantôt finissent par laisser tomber la pluie ou la neige, ou se dissipent au bout de quelque temps.

La vraie direction originale du fœhn est difficile à établir à cause des déviations que les vents subissent dans les vallées ; cependant, en examinant bien toutes les données, on arrive à la conclusion que *le fœhn souffle en réalité depuis le sud-est jusqu'au sud.* La transparence de l'air pendant le fœhn est tantôt très-grande, tantôt il fait apparaître tous les objets éloignés comme sous un voile. Voici la definition, d'après M. Wild, du fœhn : *C'est un vent violent, venant du sud-est ou du sud, qui élève considérablement la température de l'air, en diminue la pression, qui couvre le ciel en partie de nuages, mais qui, dans le fond des vallées, dessèche l'air d'une manière très-forte.*

Avec cette définition, M. Wild trouve le fœhn dans plusieurs endroits où son nom n'est pas connu, comme par exemple à Brienz, tandis que dans d'autres endroits on appelle fœhn aussi d'autres vents, surtout le courant équatorial. *La seule station de l'autre côté des Alpes dont l'observateur note parfois le fœhn, est Castasegna, mais le vent qu'il appelle ainsi n'a rien à faire avec le vrai fœhn,* c'est un vent nord-est sec, mais peu chaud et qui fait

monter le baromètre ; deux cas seulement, parmi les sept où on a noté fœhn à Castasegna, coïncident avec le vrai fœhn dans sa région spéciale. Cette région comprend : *la partie inférieure de la vallée du Rhin antérieur, le Prättigau, la vallée du Rhin depuis Coire jusqu'à Altstätten, les cantons d'Appenzell, Glaris, Uri, Schwytz,* la moitié orientale d'*Unterwalden* et *en partie l'Oberland bernois et la vallée supérieure du Rhône.* Dans des cas rares en font partie : l'Engadine, Saint-Gall, une partie de Thurgovie et de Zurich, Zug, en partie Lucerne, la vallée de l'Aar jusqu'à Berne et celle du Rhône jusqu'à Bex. Plus rarement encore, le fœhn s'étend sur la Suisse occidentale.

Les saisons du fœhn sont essentiellement l'automne, l'hiver et le printemps; en été il est plus rare et en même temps moins violent et moins étendu. Sa fréquence varie considérablement d'année en année; en 1866, on a compté dix-sept cas de fœhn, et vingt seulement dans les deux années de 1864-65.

Dans le reste de la Suisse, les stations situées au nord et nord-ouest de la région du fœhn montrent, pendant que ce vent y règne, également un abaissement du baromètre et une élévation du thermomètre avec un vent humide venant du sud-ouest plutôt que du sud-est. Quelquefois ce vent, qui en été est accompagné d'orages, commence par être sec et reste tel jusqu'au bout; dans ce cas, c'est le fœhn qui s'étend sur presque tout le versant nord de nos Alpes. Enfin, on observe quelquefois à la surface le vent nord-est, tandis que les nuages vont avec le sud-ouest. *Sur le versant sud des Alpes on trouve invariablement, pendant que le fœhn souffle dans sa région, un air humide, voire même des chutes abondantes de pluie ou de neige ; dans*

deux cas seulement on a observé au sud et sur la hauteur des Alpes des indices de sécheresse au commencement des vents sud ou sud-ouest qui amenaient la pluie. Une seule fois pendant ces trois ans la neige qui tombait sur les passages des Alpes était colorée d'une poussière rouge.

Tous ces faits indiquent déjà la connexité étroite qui doit exister entre le fœhn et le courant équatorial ou vent alizé supérieur descendant dans nos latitudes à la surface. M. Wild démontre à l'évidence cette connexité en examinant au moyen des bulletins météorologiques de l'Observatoire de Paris l'état atmosphérique dans le reste de l'Europe, surtout en Italie et en France; *car il trouve que nous avons régulièrement le fœhn dans les Alpes, lorsqu'une tempête équatoriale tournoyante arrive depuis l'Irlande ou le golfe de Gascogne ou enfin par l'Espagne dans la Méditerranée, de façon qu'on observe sur les côtes de la Provence et dans l'Italie supérieure des vents de sud-est. M. Wild a pu ainsi, au moyen des bulletins de Paris, indiquer les jours où, en 1866, le fœhn a dû souffler en Suisse, et sans exception, ces jours se trouvaient désignés dans les observations suisses comme jours de fœhn.* Si la tempête équatoriale attaque l'Europe en Irlande, on a dans la Suisse occidentale un vent sud-ouest humide; si la tempête nous arrive par le golfe de Gascogne, ce courant montre, dans le Jura et la plaine suisse, de la sécheresse au commencement; si enfin le courant équatorial atteint la Méditerranée par l'Espagne, le fœhn souffle sur presque toute la Suisse au nord des Alpes.

On voit donc que ces résultats que M. Wild a déduits des observations, sans se laisser guider par aucune opinion préconçue, appuient complétement l'idée fondamentale de Dove que le fœhn est d'origine atlantique, un cou-

rant équatorial. Mais M. Wild va encore plus loin que le grand météorologiste allemand qu'il combat; il conteste que l'air sec que nous amène le fœhn provienne du Sahara, dont le courant ascendant, déversé d'abord dans la hauteur vers l'ouest, serait détourné ensuite et amené jusque chez nous par le courant équatorial; car il montre que tous les fœhns qui apparaissent secs de notre côté, ont déposé sur le versant sud et sur les cols des Alpes d'énormes masses de neige et de pluie, et que la poussière rouge est toujours tombée avec un air humide, *de sorte qu'il faut admettre que dans la plupart des cas le courant équatorial humide se transforme en fœhn sec, en passant les Alpes.*

M. Wild explique cette transformation comme M. Hann, par cette loi de la physique établissant que l'air, lorsqu'il est comprimé, s'échauffe et qu'il se refroidit lorsqu'il se dilate; une diminution de volume de $^1/_7$ comporte une élévation de température de 20°. M. Wild applique cette théorie au fœhn du 23 septembre 1866. Le courant équatorial arrive au sud des Alpes, par exemple à Faido, presque saturé à 14° de température, par conséquent avec une tension de vapeur de 12^{m}. En s'élevant jusqu'au col du Saint-Gotthard, la pression que cet air subit diminue de 700^{m} à 600^{m}; nous le retrouvons en haut avec une température de 5°; il y a donc eu un abaissement de 9° seulement au lieu de 20°, et cela par suite de la chaleur latente devenue libre par suite de la condensation continuelle de la vapeur, qui résulte de ce que à 5° l'air saturé ne peut contenir que de la vapeur d'une tension de 6 $^1/_2$^{mm}, de sorte que tout le reste doit tomber sous forme de neige ou de pluie. M. Wild rappelle ensuite le fait que lorsqu'on fait passer sur un espace enfermé latéralement

et ouvert en haut, un fort courant d'air, il s'y produit une dilatation de l'air, et chose pareille arrive d'après M. Wild, pour l'air enfermé dans nos vallées, lorsqu'une tempête passe sur les montagnes ; il s'y produira une dilatation de l'air, marquée par un abaissement du baromètre, et qui a pour conséquence d'aspirer le courant d'en haut et de faire tomber ainsi le vent dans la vallée. De l'air qui avait au Saint-Gotthard 5°, en descendant jusqu'à Altdorf, devrait s'échauffer de 24°, et en effet on observe dans cette station 26°, trois de moins seulement que n'indique la théorie. Mais à 26° l'air peut contenir de la vapeur jusqu'à 25^{mm} de tension, et comme il n'avait plus au Saint-Gotthard que $6\,{}^1/_2{}^{mm}$, l'air devrait donc arriver à Altdorf avec une humidité relative de 25 %, c'est-à-dire excessivement sec ; en réalité on a observé seulement 45 %, de sorte que la théorie suffit et au delà pour rendre compte de la sécheresse du fœhn.

Pour corroborer sa théorie, M. Wild explique que si le courant équatorial atteint l'Europe sur les côtes de la Scandinavie et nous arrive par l'Allemagne avec le côté sud ou sud-est du tourbillon, sous forme d'un vent humide du nord-ouest ou ouest, il devrait, en passant les Alpes, produire le même effet que le fœhn, en sens opposé, c'est-à-dire on devrait observer de ce côté des Alpes de fortes pluies, et de l'autre côté un vent sec et chaud soufflant du nord. M. Wild a trouvé, en effet, dans les observations des trois ans, six cas de ces *Fœhn du nord,* comme il les appelle, surtout en novembre 1866.

Dans le cas seulement où le tourbillon équatorial entre par l'Espagne dans la Méditerranée, il passe assez près de l'Afrique pour emporter et nous amener de l'air du

courant ascendant du Sahara, chargé de poussière; c'était le cas du fœhn des 21 et 22 février 1864.

M. Wild résume son étude en ces termes: *Le fœhn, tout en étant bien un vent sec, n'est en aucun rapport direct avec le Sahara; il doit plutôt son origine au passage du courant équatorial humide ordinaire à travers les Alpes.*

Ce résultat donne donc raison à MM. Escher et Desor, lorsqu'ils réclament une sécheresse extraordinaire comme caractéristique du fœhn, mais il donne raison aussi à MM. Dove, Hann et Mühry, en le faisant venir non pas du Sahara, mais de l'Atlantique; selon M. Wild, le fœhn n'est qu'une modification du grand courant équatorial, produite par le passage des Alpes.

Bien que M. Wild soit ainsi d'accord avec M. Dove sur le point essentiel de l'origine du fœhn, il ne donne point complétement tort à M. Escher quant à l'influence du Sahara sur l'extension des glaciers des Alpes. Car si le fœhn se rattache aux tourbillons équatoriaux, qui, d'après Dove lui-même, doivent leur origine à l'irruption, du côté ouest, du courant ascendant du Sahara dans le vent alizé supérieur, la submersion du Sahara pourrait faire cesser les fœhn. Il faudrait en tout cas, d'après M. Wild, des recherches ultérieures sur le rôle météorologique du Sahara, avant de pouvoir se décider sur l'hypothèse d'Escher au sujet de la relation entre l'époque glaciaire et le désert. Cette hypothèse n'est, du reste, qu'un cas spécial de la théorie générale émise en 1830 déjà par Lyell, qui explique tous les changements de climat par des modifications qui surviennent dans la distribution des continents et des mers. Puisqu'on voit actuellement sous la même latitude des différences de 10° dans la tem-

pérature moyenne, comme conséquence de la configuration des continents et de la direction des courants océaniques et atmosphériques qui en résultent, on peut très-bien admettre que pour la même raison la température de ces régions ait été autrefois de 15° plus bas que dans l'époque actuelle. M. Wild adopte sous ce rapport le résultat négatif auquel j'étais parvenu dans mes recherches sur les causes cosmiques des changements de climat.

En résumé, M. Wild constate comme un fait la sécheresse du fœhn : il lui revendique avec Dove une origine atlantique, l'explique avec Hann par l'action de la chaîne des Alpes sur le courant équatorial, et ne reconnaît qu'hypothétiquement une influence secondaire du Sahara sur le fœhn et l'époque glaciaire, en admettant que c'est le courant ascendant qui s'élève sur le désert, qui, en faisant irruption dans le vent alizé supérieur, produit les tempêtes tournoyantes dans le courant équatorial.

Bien que, comme nous venons de le voir, MM. Wild et Dove soient parfaitement d'accord sur le fond de la question, c'est-à-dire sur l'origine atlantique du fœhn, M. Dove a fait paraître au commencement de l'année une nouvelle brochure: « *Le Fœhn suisse,* » comme complément du mémoire antérieur. Comme cette brochure contient moins une nouvelle discussion du sujet qu'une polémique et une défense contre plusieurs reproches de M. Wild, nous nous bornerons à relever quelques points. Ainsi M. Dove rappelle que déjà dans son ouvrage « sur la distribution de la chaleur à la surface de la terre, » qui a paru en 1852, il avait expliqué comment un vent, qui est humide d'un côté d'une montagne, peut devenir

sec après l'avoir franchie, et que même déjà dans le « *Climat de Berlin,* » qui a paru en 1842, il avait expliqué la descente et la dissolution des nuages vers le soir par le fait que l'air, en descendant, s'échauffe et se dessèche. Les deux savants sont donc d'accord également sur ce point théorique qui est un des plus importants et des plus difficiles du problème. Seulement, M. Dove n'admet pas que cette origine pour ainsi dire locale soit la seule qu'on puisse donner du fœhn, mais qu'exceptionnellement, comme dans le cas du 17 juillet 1841, cité par M. Denzler, un vrai vent du désert peut arriver jusqu'aux Alpes: il rappelle sous ce rapport que Heer a démontré pour la poussière brune tombée le 16 février dans les Alpes, qu'elle provenait du Vésuve. On voit donc que les rôles sont parfaitement intervertis et que c'est maintenant M. Dove qui défend l'origine saharienne de certains fœhns exceptionnels [1].

Après avoir ainsi analysé les principaux travaux qui ont paru sur le fœhn, nous résumerons en quelques mots les faits essentiels et les opinions principales, dont ils ont enrichi l'étude de cette question.

1° Le fœhn est un vent local qui règne sur un terrain restreint au nord de la chaîne des Alpes; dans le sens longitudinal des Alpes, cette région s'étend ordinairement de la vallée du Rhin jusqu'à la vallée supérieure du Rhône, et exceptionnellement depuis Salzbourg à Genève: dans le sens transversal elle est limitée au sud par la chaîne principale des Alpes, car on ne l'a jamais

[1] L'auteur passe ici à l'analyse du mémoire de M. Dufour que nous supprimons pour arriver immédiatement au résumé. (*Réd.*)

observé sur le versant sud de la chaîne, ni même d'une manière précise sur les hauteurs. Vers le nord le fœhn ne s'éloigne des Alpes que jusqu'au Schwarzwald ou à la Rauhe-Alp.

2° Ordinairement, le fœhn est précédé et accompagné de chutes copieuses de neige et de pluie qui tombent sur la hauteur et sur le versant méridional des Alpes.

3° Presque toujours, lorsque le fœhn souffle dans les vallées septentrionales des Alpes, il règne dans l'Europe occidentale et souvent dans la Méditerranée et en Italie, un vent équatorial sud-ouest très-fort.

4° Jusqu'à présent on n'a constaté qu'en deux cas, le 17 juillet 1841 et le 23 septembre 1866, une coïncidence du fœhn en Suisse avec un vent du désert au nord de l'Afrique; dans ce dernier cas, l'absence de toute trace du passage de ce vent en Italie et dans la Méditerranée, ainsi que la simultanéité absolue du minimum barométrique, soulèvent des doutes sur la réalité des rapports entre les deux perturbations atmosphériques.

5° Tous les auteurs sont d'accord pour rattacher le fœhn aux tempêtes sud-ouest qui nous viennent de l'Atlantique. Les uns, comme MM. Hann et Wild, l'envisagent comme une forme spéciale du vent équatorial ordinaire, modifié par le passage sur les Alpes; ils expliquent sa température élevée par la compression que l'air subit en tombant depuis la hauteur dans les vallées, et sa sécheresse par le fait que cet air, après avoir condensé dans la basse température des hauteurs la plus grande partie de la vapeur qu'il contenait, en s'échauffant après par la descente, ne peut montrer qu'une humidité relative très-faible. Les autres, comme MM. Dove et Dufour, tout en admettant qu'on peut ainsi expliquer les traits caracté-

ristiques du fœhn par les lois ordinaires de la physique et rendre compte de la transformation du vent atlantique humide en fœhn sec et chaud par son passage à travers les Alpes, soutiennent cependant la possibilité que, dans certains cas, le fœhn nous amène de l'air venu directement du désert; alors le courant ascendant du Sahara, qui se déverse ordinairement sur l'Asie, est dévié exceptionnellement soit par un appel causé par une dépression barométrique au nord-ouest de l'Europe (d'après Dufour), soit par un courant oriental venant de l'Asie, qui force l'air saharien de faire irruption dans le vent alizé supérieur et produit ainsi les Leste-Fœhns (d'après Dove).

6° On n'attribue au désert du Sahara, soit pour l'origine du fœhn, soit pour le régime des glaciers des Alpes, qu'une importance indirecte et exceptionnelle.

Le dernier mot dans cette question complexe ne pourra être prononcé qu'après avoir étudié encore plus en détail des cas nombreux de fœhn par les observations météorologiques non-seulement de la Suisse, mais de toute l'Europe et de l'Afrique, d'après l'exemple donné par M. Dufour.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

TRÈVES. CHANGEMENT MOLÉCULAIRE PRODUIT PAR LE MAGNÉTISME DANS DES BARREAUX D'ACIER. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, août 1868, p. 321.)

Il y a plus de vingt ans qu'un grand nombre de physiciens et entre autres MM. Beatson, Joule, Wertheim et de la Rive, ont montré sous différentes formes l'influence qu'exerce l'aimantation sur la constitution moléculaire du fer et de l'acier.

Les vibrations que détermine dans des tiges et des fils d'acier ou de fer doux, la succession alternative d'aimantations et de désaimantations, les modifications qu'apporte l'aimantation à l'élasticité et même aux dimensions de ces mêmes métaux, ont conduit à admettre que le développement du magnétisme consiste dans une direction commune imprimée aux particules des métaux magnétiques et, par conséquent, dans un changement qu'éprouve l'arrangement des molécules; conséquence vérifiée directement par un grand nombre de recherches et notamment par celles de M. Wiedemann[1]. Voici un fait nouveau qui vient confirmer d'une manière remarquable cette manière de voir; il est tiré du numéro du 3 août 1868 des *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, page 321.

« M. Trèves a été conduit à rechercher le changement d'état moléculaire qui se produit dans un barreau d'acier, lorsqu'on le soumet à une action magnétique.

[1] Voyez le *Traité d'Électricité*, de M. de la Rive, tome I, p. 297 et suivantes.

« Il a disposé, à ce sujet, l'expérience suivante : il choisit deux diapasons d'acier identiques, à l'unisson par conséquent : il les arme de miroirs d'après la méthode de M. Lissajous, et les place en regard l'un de l'autre dans deux plans perpendiculaires entre eux. L'un d'eux est entouré d'une forte bobine, dans le fil de laquelle peut passer le courant d'une pile à acide azotique de huit éléments.

« Si l'on donne un coup d'archet à chacun d'eux, les vibrations commencent, et, comme les diapasons sont à l'unisson, la figure reflétée dans le second miroir est un cercle lumineux parfaitement fixe. En aimantant subitement le diapason placé au milieu de la bobine, le cercle lumineux s'incline tout à coup, se transforme en ellipse, se balance à droite et à gauche, avec une vitesse qui donne la mesure du mouvement vibratoire nouveau.

« Les diapasons employés donnaient 136 vibrations simples à la seconde, et l'on a constamment remarqué que, dans l'espace de 6 secondes, il se produisait une vibration : ce qui revient à dire que, dans une seconde, le diapason subitement aimanté donnait 136 $^1/_6$ vibrations. Si l'on ouvre le courant, c'est-à-dire si l'on rend le diapason à son état naturel, la figure cesse de se mouvoir et redevient un cercle fixe.

« Dès 1847 [1], M. Joule, en opérant sur des barres ainsi que sur des fils de fer doux et d'acier tendus ou non tendus, avait déjà observé les changements de longueur et de volume qu'ils subissent lors de l'aimantation ; la disposition précédente peut être également utilisée pour cette étude, et M. Trèves se propose de se servir de cette méthode optique, ainsi que du tracé graphique des vibrations, pour observer ces effets dans le fer et l'acier suivant leur composition et leur état physique. »

[1] *Philosophical Magazine.*

J. Stefan. Application des vibrations de barres composées a la détermination de la vitesse du son. (*Comptes rendus de l'Académie Impériale de Vienne* du 30 avril 1868.)

La méthode imaginée par Chladni, pour déterminer la vitesse du son à travers des barres métalliques d'après leurs vibrations longitudinales, n'est pas applicable aux corps qui n'ont pas la forme de barres allongées et qu'on ne peut faire résonner par le frottement. L'auteur propose pour ce dernier cas le procédé suivant.

On donne au corps soumis à l'expérience la forme d'une barre de petite dimension qu'on assujettit à une barre plus longue en bois ou en verre à laquelle il est facile de faire rendre un son. On fait résonner par le frottement cette barre composée, et on détermine ainsi le nombre de vibrations de la note fondamentale ou d'une note plus aiguë. Supposons donc connue la vitesse du son à travers la barre la plus longue, l'auteur en déduit sa vitesse à travers la barre la plus courte par une formule, il faut le reconnaître, un peu compliquée.

En employant la méthode ci-dessus, M. Stefan a fait entre autres les observations suivantes. Il a trouvé la vitesse du son à travers la cire égale à 730 mètres par seconde à la température de 200° C., soit un peu plus du double de sa vitesse à travers l'air. Cette vitesse diminue rapidement à mesure que la température s'élève, à tel point qu'une élévation de température de 1° correspond à une diminution de vitesse de 40 mètres. A la température de 30°, la vitesse du son à travers la cire est la même qu'à travers l'air.

La vitesse du son à travers la graisse à la température de 20° n'est que la moitié de cette même vitesse à travers la cire. Elle diminue un peu plus vite que dans le cas de la cire à mesure que la température de la graisse s'élève. La vitesse du son à travers le caoutchouc a varié de 30 à 60 mètres

suivant la consistance de celui-ci. Plus le caoutchouc est tendre, moins la vitesse du son est considérable.

Ces résultats rappellent ceux de M. Helmholtz sur la vitesse de la propagation de l'irritabilité nerveuse, et sont compris entre les mêmes limites que la vitesse du son à travers le caoutchouc ramolli. Ils ont suggéré à l'auteur la pensée que la vitesse de propagation de l'irritabilité nerveuse coïncide peut-être avec celle du son, et qu'il est possible de propager l'irritabilité nerveuse suivant des ondes longitudinales.

CHIMIE.

E. Frankland. Sur la combustion de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone dans l'oxygène sous une forte pression. (*Proceedings of the Royal Society*, juin 1868.)

L'auteur, dans une précédente communication relative à l'effet produit par une diminution de pression sur quelques-uns des phénomènes de la combustion, est arrivé à conclure que le décroissement du pouvoir éclairant est directement proportionnel à la diminution de la pression atmosphérique. Des expériences subséquentes ont conduit M. Frankland à révoquer en doute la théorie généralement reçue, que la lumière des flammes, provenant soit de la combustion des gaz, soit de celle d'autres substances, serait due à la présence de particules solides. Le physicien anglais cite, en effet, des exemples nombreux de flammes très-lumineuses, dans lesquelles il est impossible d'admettre la présence de ces particules. C'est ainsi qu'il fait remarquer que la flamme de l'arsenic métallique brûlant dans l'oxygène, émet une lumière blanche excessivement vive, sans qu'on puisse admettre la présence dans cette flamme de particules solides, puisque l'arsenic métallique se volatilise à 180° C., et le produit de sa combustion, l'acide arsénieux anhydre, à 218°. Or, comme on le sait, la température de l'incandescence des so-

lides est de 500° au moins. De même, si on fait brûler dans l'oxygène de la vapeur de bisulfure de carbone, la flamme produite est d'un éclat presque insupportable. Cependant, il ne peut exister de la matière fuligineuse dans aucune portion de cette flamme, et le point d'ébullition du soufre (440°) étant au-dessous de la température de l'incandescence, la présence de particules solides est aussi inadmissible. En substituant dans cette dernière expérience à l'oxygène du gaz oxyde nitrique, le résultat reste le même, à tel point que la flamme excessivement lumineuse produite par la combustion des composés ci-dessus est assez riche en rayons réfrangibles, pour qu'on ait pu s'en servir pour la production de photographies instantanées, et aussi pour montrer le phénomène de la fluorescence.

L'auteur conclut de ces expériences et d'autres de même nature, que la source de la lumière dans la flamme des gaz et des bougies ne dépend pas de la présence de particules incandescentes de carbone, mais est due aux radiations des vapeurs denses, bien que transparentes, d'hydrogène carboné. Il en tire encore la conséquence que les gaz et les vapeurs d'une densité comparativement forte deviennent lumineux à des températures beaucoup plus basses que les fluides aériformes d'une densité relativement moindre, et il montre que ce résultat est indépendant, sinon en entier, au moins en grande partie de la nature des gaz en question : puisque des gaz d'une densité faible, et qui sont très-peu lumineux lorsqu'on les fait brûler sous la pression ordinaire de l'atmosphère, émettent une vive lumière lorsqu'ils sont comprimés. C'est ainsi qu'un mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone qui ne produit qu'une très-faible lumière, lorsqu'on l'enflamme à l'air libre, brûle avec une lumière très-éclatante, lorsqu'on l'enflamme dans un vase clos de manière à l'empêcher de se dilater au moment de la combustion.

L'auteur a appliqué récemment ces données à la combustion dans l'oxygène de jets d'hydrogène et d'oxyde de car-

bone sous une pression graduellement croissante jusqu'à ce qu'elle eût atteint vingt atmosphères. Les expériences ont été faites au moyen d'un fort vase de fer muni d'une plaque épaisse en verre d'un diamètre suffisant pour rendre facile dans chaque cas un examen optique de la flamme. Voici quelques-uns des résultats les plus remarquables auxquels il est arrivé.

Tout le monde connaît la faible lueur que fournit la flamme d'hydrogène brûlant dans de l'oxygène à la pression ordinaire de l'atmosphère. En portant cette pression à deux atmosphères, le faible éclat de la flamme d'hydrogène est déjà notablement accru: en portant la pression à dix atmosphères, la lumière émise par un jet d'hydrogène d'un pouce de long suffit pour permettre de lire sans difficulté à une distance de deux pieds de la flamme, et cela sans l'aide d'un réflecteur. Examiné au spectroscope, le spectre de cette flamme est brillant et parfaitement continu du rouge au violet.

La flamme de l'oxyde de carbone, déjà plus lumineuse qu'une flamme d'hydrogène de même longueur à la pression ordinaire, devient infiniment plus brillante que celle-ci sous la pression de dix atmosphères. On sait que le spectre de l'oxyde de carbone brûlant à l'air libre est un spectre continu. Brûlant dans l'oxygène sous une pression de quatorze atmosphères, la flamme de l'oxyde de carbone fournit un spectre excessivement brillant et parfaitement continu.

S'il est vrai que les gaz denses à l'état d'ignition émettent plus de lumière que les gaz d'une pesanteur spécifique moindre, le passage d'une étincelle électrique à travers des gaz différents devrait produire un degré de lumière proportionné à la densité du gaz soumis à l'expérience. L'auteur a remarqué qu'il en était effectivement ainsi, et qu'une étincelle électrique qu'on fait passer dans les mêmes conditions à travers le gaz hydrogène, l'oxygène, le chlore et l'acide sulfureux anhydre, émet une lumière d'une intensité faible

dans le cas de l'hydrogène, plus vive dans le cas de l'oxygène, et très-considérable dans le cas du chlore et de l'acide sulfureux anhydre. Lorsqu'on renferme ce dernier gaz à l'état liquide dans un fort tube de verre muni de fils de platine, et qu'on élève ensuite sa température jusqu'à ce que la pression intérieure équivaille à trois ou quatre atmosphères, le passage d'étincelles d'induction à travers le gaz ainsi condensé est accompagné de brillants éclats de lumière. Il en est de même si on fait passer un courant d'étincelles d'induction à travers de l'air qu'on condense graduellement à deux ou trois atmosphères dans un tube de verre. On remarque, à mesure que la condensation avance, une intensité toujours croissante dans l'éclat des étincelles, et l'inverse à mesure que l'air reprend sa densité ordinaire.

L'arc électrique, produit par cinquante éléments de la pile de Grove, est incomparablement plus brillant lorsqu'on interpose entre les pointes de charbon de la vapeur de mercure à la place d'air atmosphérique. Ci-joint les densités relatives des gaz et vapeurs sur lesquels ont porté les expériences de M. Frankland.

Hydrogène	1.
Air atmosphérique	14.5
Oxygène	16.0
Acide sulfureux anhydre	32.0
Chlore	35.5
Mercure	100.0

L'auteur termine en faisant remarquer que les résultats ci-dessus sont évidemment liés aux opinions généralement reçues sur la constitution du soleil, des étoiles et des nébuleuses, résultats sur lesquels il se propose de revenir.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AOUT 1868.

Le 1er, 2, 3, 4, rosée le matin; hâle très-prononcé toute la journée; le 4, éclairs à l'horizon Sud depuis 7 $^1/_2$ h.; à 8 $^3/_4$ h. on commence à entendre le tonnerre du côté du Sud, l'orage passe du Sud au Nord, et à 10 h. 10 m. on entend encore le tonnerre au Nord.

7 et 8, forte rosée, hâle toute la journée.

9, rosée le matin; dans la soirée, de 8 à 10 h., éclairs dans la partie orientale de l'horizon.

10, hâle; le soir éclairs depuis 8 h.; éclairs et tonnerres au NE. depuis 8 $^1/_2$ h. à 9 $^1/_4$ h.

12, deux coups de tonnerre à 5 h. 40 m. et 48 m.; l'orage passe du Sud à l'Est au SE. de l'Observatoire.

13, à 9 h. faible halo solaire; de 3 $^3/_4$ h. à 4 $^1/_2$ h. éclairs et tonnerres provenant de deux nuages orageux, dont le premier suit la direction de l'Ouest au NE.; le second, dont les décharges électriques se font entendre seulement depuis 4 h. au SE., rejoint le premier au NE. en passant à l'Est de l'Observatoire; fort coup de vent du SO. à 3 h. 42 m.

14, éclairs au NE. depuis 9 $^1/_2$ h.; à 10 h. 25 m. un coup de tonnerre. Plus tard dans la nuit, entre 1 h. et 2 h. du matin, quelques coups de tonnerre du côté de l'Est.

16, à 11 $^3/_4$ h. du soir, coups de vent du SSO. très-violents qui durent pendant une heure.

Le 19, de 3 h. à 3 $^1/_4$ h. quelques coups de tonnerre au Sud, l'orage passe du Sud au NE.

22, halo solaire partiel de 9 $^1/_2$ h. à 1 $^1/_2$ h. ; couronne solaire dans l'après-midi.

24, forte rosée le matin; halo solaire partiel de midi à 2 h. ; plus tard couronne solaire.

25, halo solaire de 10 $^1/_2$ h. à 4 $^1/_4$ h., tantôt complet et beau, tantôt partiel.

26, de 9 $^3/_4$ h. à 10 h., on voit l'arc tangent supérieur au halo ordinaire ; halo solaire partiel de 11 h. à 1 h.

27, 28, 29, 30, 31, hâle très-prononcé pendant presque toute la journée, avec une intensité variable ; forte rosée le 27, 28, 29 et 31. Le 31 couronne lunaire de 6 $^3/_4$ h. à 7 $^1/_2$ h.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 8 h. matin	731,11	Le 4 à 5 h. soir	723,66
9 à 8 h. matin	732,56	13 à 3 $^1/_2$ h. soir	718,65
15 à 8 h. matin	725,86	17 à 2 $^1/_2$ h. soir	720,79
21 à 8 h. soir	729,21	22 à 10 $^1/_2$ h. soir	722,35
27 à 10 h. matin	733,19	29 à 4 h. soir	730,19

GENÈVE. — AOUT 1868.

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant	Clarté moy. du Ciel	Temp. du Rhône. Midi	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale	Limnimètre
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°		cm.
1	720,33	− 2,20	+19,75	+1,08	+13,2	+21,2	11,79	+0,73	[illegible]	0	500	860	...	...	N. 2	0,07	20,5	+ 1,8	208
2	722,71	+ 0,64	+19,10	+0,88	+14,0	+25,0	10,42	−2,12	646	− 39	420	800	...	...	N. 1	0,03	—	—	207
3	727,18	− 0,84	+20,15	−1,25	+14,0	+2[illegible]	11,00	−0,96	632	− 53	480	710	...	...	N. 1	0,03	20,4	+ 1,9	205
4	72[illegible],70	− 2,17	+20,23	+1,70	+13,2	+26,2	11,2[illegible]	+0,31	657	− 29	460	910	12,1	4 1/2	N. 1	0,58	20,8	+ 2,3	204
5	720,40	− 2,94	+17,47	−1,02	+15,5	+20,7	12,01	+1,69	[illegible]	+173	700	970	2,7	2 1/2	variable	0,49	20,4	+ 1,6	203
6	72[illegible],80	− 2,17	+18,91	+0,46	+14,9	+24,0	12,41	+1,20	772	+ 84	570	920	0,2	1	variable	0,72	19,3	+ 0,8	205
7	727,67	− 0,[illegible]	+20,[illegible]	+2,18	+13,6	+2[illegible]	13,10	+2,10	731	+ 42	430	940	...	...	variable	0,[illegible]	19,9	+ 1,4	206
8	730,2[illegible]	− 2,16	+22,67	+4,22	+16,2	+29,2	13,98	+[illegible]	698	+ 8	400	840	...	...	N. 1	0,18	20,3	+ 1,8	207
9	731,[illegible]7	− 3,41	+21,02	+4,52	+16,2	+28,7	1[illegible],23	+4,00	754	+ 63	520	920	...	...	N. 1	0,16	—	—	208
10	728,80	− 0,74	+23,[illegible]	+5,[illegible]	+17,6	+32,6	13,5[illegible]	+2,86	637	− 56	340	860	...	...	NNE. 1	0,50	21,6	+ 3,1	208
11	720,67	− 4,[illegible]	+22,52	+4,34	+15,2	+31,5	12,42	+1,76	631	− 64	330	860	1,0	2	SSO. 2	0,48	22,8	+ 4,2	209
12	72[illegible]	− 3,02	+21,01	+2,80	+18,0	+26,4	13,95	+3,30	772	+ 75	600	870	...	...	NNE. 1	0,48	21,8	+ 3,2	209
13	720,[illegible]	− 7,37	+19,46	+1,40	+15,7	+27,0	12,67	+2,04	778	+ 79	470	960	4,8	5	variable	0,78	22,3	+ 3,9	210
14	723,88	− 4,16	+19,19	+1,20	+15,6	+23,6	12,91	+2,30	785	+ 84	510	910	...	...	N. 1	0,68	21,4	+ 2,8	210
15	725,0[illegible]	− 3,00	+20,75	+2,83	+16,8	+25,5	14,95	+4,35	831	+128	700	930	0,2	1/2	N. 1	0,61	22,0	+ 3,4	212
16	721,[illegible]7	− 4,06	+21,05	+4,11	+16,2	+28,4	14,92	+4,34	771	+ 66	510	910	0,2	3/4	N. 1	0,82	—	—	214
17	722,10	− 5,86	+16,66	−1,11	+13,4	+23,7	11,84	+1,28	856	+149	610	980	22,4	7	variable	0,76	20,8	+ 2,2	215
18	722,[illegible]	− 5,35	+18,13	+0,44	+14,5	+22,4	11,32	+0,78	743	+ 34	600	870	...	...	SSO. 2	0,90	16,2	− 2,3	219
19	726,23	− 1,77	+17,88	+0,27	+14,5	+22,7	10,34	−0,18	697	− 14	520	800	4,9	3 3/4	SSO. 1	0,70	13,6	− 4,9	223
20	728,21	+ 0,22	+17,31	−0,22	+13,6	+22,0	10,31	−0,19	723	+ 10	510	910	0,5	1 1/4	SSO. 1	0,84	14,9	− 3,6	233
21	728,82	+ 0,85	+15,97	−1,48	+14,3	+20,0	11,16	+0,68	846	+131	680	950	6,7	7	SSO. 1	0,97	15,2	− 3,3	222
22	725,38	− 2,57	+17,05	−0,31	+13,9	+22,5	10,29	−0,17	731	+ 14	540	910	4,8	4	SSO. 1	0,81	16,2	− 2,3	220
23	725,26	− 2,67	+15,82	−1,45	+12,5	+20,1	7,51	−2,93	596	−123	410	720	...	...	SSO. 1	0,68	—	—	219
24	726,63	− 1,28	+16,37	−0,81	+ 9,7	+21,7	8,93	−1,49	662	− 59	460	890	1,3	4	SSO. 1	0,63	14,1	− 4,3	217
25	729,05	+ 1,17	+17,97	+0,88	+14,4	+22,2	10,01	−0,39	673	− 50	510	860	...	...	SSO. 1	0,68	12,8	− 5,6	216
26	732,05	+ 4,20	+15,19	−1,80	+ 9,8	+20,0	8,87	−1,51	709	− 16	470	910	...	...	N. 1	0,22	16,1	− 2,3	215
27	732,30	+ 4,48	+15,77	−1,12	+ 8,5	+22,3	10,39	+0,03	782	+ 54	550	970	...	...	N. 1	0,08	17,8	− 0,6	212
28	732,28	+ 4,49	+17,67	+0,88	+10,4	+25,2	9,78	−0,55	671	− 60	450	970	...	...	N. 1	0,30	19,1	+ 0,8	208
29	730,[illegible]	+ 3,20	+15,08	−1,61	+ 9,9	+20,5	7,71	−2,59	634	−100	440	940	...	...	N. 1	0,16	19,3	+ 1,0	206
30	731,07	+ 3,34	+14,04	−2,55	+10,9	+18,5	6,80	−3,47	602	−135	420	710	...	...	NNE. 2	0,27	—	—	203
31	731,68	+ 3,98	+14,52	−1,96	+ 6,6	+21,7	8,15	−2,09	689	− 51	420	930	...	...	NNE. 1	0,13	18,8	+ 0,5	200

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,69	728,82	728,63	728,16	727,66	727,27	727,15	727,70	728,20
2e "	724,18	724,56	724,12	723,96	723,39	723,11	723,34	724,09	724,28
3e "	729,75	729,00	729,94	729,60	729,19	729,04	729,10	729,64	729,81
Mois	727,61	727,86	727,74	727,32	726,83	726,56	726,61	727,23	727,51
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+16,47	+20,02	+21,73	+23,44	+24,67	+25,33	+23,76	+21,75	+19,78
2e "	+16,51	+18,55	+20,50	+22,09	+23,36	+23,89	+22,16	+19,84	+18,30
3e "	+11,74	+15,67	+17,87	+19,36	+20,06	+20,01	+18,35	+16,36	+14,84
Mois	+14,80	+18,00	+19,96	+21,55	+22,61	+22,98	+21,32	+19,22	+17,55
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	12,06	12,79	12,65	12,80	12,70	12,34	12,82	13,03	12,69
2e "	12,48	12,66	12,53	12,24	12,94	12,31	12,45	13,37	13,19
3e "	9,07	9,77	9,36	8,87	9,09	9,03	8,87	9,35	9,16
Mois	11,13	11,68	11,45	11,22	11,50	11,15	11,30	11,83	11,60
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	865	711	652	603	555	524	588	679	742
2e "	889	795	700	617	596	557	626	768	832
3e "	881	734	612	530	520	518	575	667	730
Mois	878	746	653	582	556	533	595	704	767

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+14,71	+26,48	0,34	20,34	15,0	206,2
2e "	+15,35	+25,32	0,71	19,56	34,0	214,4
3e "	+10,99	+21,34	0,45	16,60	12,8	212,5
Mois	+13,60	+24,28	0,50	18,77	61,8	211,1

Dans ce mois, l'air a été calme 8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,30 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 25°,8 O., et son intensité est égale à 20,0 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AOUT 1868.

Le 1, à 10 $^1/_2$ h. du soir, éclairs, tonnerres et un fort orage de grêles et de pluie.
5, brouillard la plus grande partie de la journée.
6, id. tout le jour.
8, id. le soir depuis 8 h.
10, à 1 h., tonnerre du côté du Nord, plus pluie pendant $^3/_4$ d'heure.
11, brouillard à plusieurs reprises.
12, id. dans la matinée.
13, id. une grande partie de la journée.
14, id. le matin à 6 h. et le soir depuis 4 h.
15, id. toute la journée.
16, id. id.
17, id. à 6 h. du matin; grand orage de 7 $^1/_2$ h. à 9 $^3/_4$ h. du matin.
18, id. jusqu'à 6 h. du soir.
19, id. une grande partie de la journée.
20, id. depuis 6 h. du soir.
21, id. tout le jour.
22, id. à 6 h. du matin.
23, id. depuis 6 h. du soir.
25, id. à 6 h. matin, à 2 h. de l'après-midi et à 8 h. du soir.
26, id. à 6 h. du matin et de 6 h. à 8 h. du soir.
28, id. depuis 8 h. du soir.
29, id. de 4 h. à 8 h. du soir.
30, id. à 4 h. et à 10 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 6 h. soir	571,30	Le 6 à 8 h. matin	565,32
9 à 2 h. soir	574,90	13 à 6 h. soir	565,15
16 à 4 h. soir	571,08	18 à 6 h. matin	563,22
21 à 8 h. soir	568,09	23 à 6 h. matin	562,66
27 à 10 h. soir	572,34	30 à midi	567,51

SAINT-BERNARD. — AOUT 1868.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant		Clarté moy. du Ciel.
			Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.		Minimum*	Maximum*		Eau tombée dans les 24 h.				
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.				
1	571,[illegible]	+ 2,[illegible]	570,[illegible]	571,30	+ 8,32	+ 2,[illegible]	[illegible]	+11,3	.....	.....	.....	NE.	1	0,10
2	[illegible]	+ 1,[illegible]	[illegible]	570,70	+10,34	+ 4,1[illegible]	+ 7,[illegible]	[illegible]	.....	.....	.....	NE.	[illegible]	0,03
3	[illegible]	+ 0,[illegible]	[illegible]	[illegible]	+10,77	+ 4,[illegible]	[illegible]	[illegible]	.....	.....	.....	NE.	1	0,05
4	[illegible]	— 0,[illegible]	[illegible]	[illegible]	+10,[illegible]	+ 4,[illegible]	[illegible]	[illegible]	.....	20,1	4	NE.	[illegible]	0,04
5	[illegible]	— 2,02	[illegible]	[illegible]	+ [illegible]	— 0,76	[illegible]	+ 9,[illegible]	.....	13,1	4	NE.	[illegible]	0,03
6	[illegible]	— 2,37	[illegible]	[illegible]	+ 3,06	— 2,1[illegible]	[illegible]	+ 5,7	.....	.....	.....	NE.	1	1,00
7	[illegible]	+ 0,93	[illegible]	[illegible]	+ 8,[illegible]	+ 2,07	[illegible]	+11,0	.....	.....	.....	NE.	1	0,22
8	572,[illegible]	+ 4,70	[illegible]	[illegible]	+10,86	+ 4,70	+ 7,9	[illegible]	.....	.....	.....	NE.	1	0,30
9	571,07	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]	+12,78	+ 6,72	[illegible]	+10,3	.....	.....	.....	NE.	1	0,13
10	[illegible]	+ 4,33	[illegible]	[illegible]	+10,20	+ 4,47	[illegible]	+15,8	.....	15,[illegible]	5	NE.	1	0,67
11	[illegible]	— [illegible]	[illegible]	570,[illegible]	+ 9,37	+ 3,87	+ 7,3	+11,0	.....	4,9	2	SO.	1	0,79
12	[illegible]	— 2,4[illegible]	[illegible]	[illegible]	+ 8,38	+ 2,42	+ 6,9	[illegible]	.....	16,0	1	SO.	1	0,69
13	565,49	— [illegible]	[illegible]	[illegible]	+ 7,66	+ 1,74	+ 6,9	+ 9,5	.....	4,3	2	SO.	1	0,90
14	566,35	— 2,30	[illegible]	567,[illegible]	+ 7,70	+ 1,82	+ 5.3	+ 9,5	.....	.....	.....	SO.	1	0,94
15	569,31	+ 0,69	567,81	570,50	+ 6,70	+ 0,95	+ 6.3	+ 8,2	.....	.....	.....	SO.	1	0,90
16	570,67	+ 2,08	569,89	571,08	+ 7,22	+ 1,83	+ 7,0	+ 8,8	.....	.....	.....	SO.	2	0,97
17	564,20	— 4,27	563,87	564,92	+ 5,07	— 0,57	+ 4,8	+ 8,0	.....	76.3	6	SO.	1	0,71
18	564,32	— 4,20	563,22	565,42	+ 5,72	+ 0,03	+ 3,9	+ 8,1	.....	.....	.....	NE.	1	0,91
19	566,46	— 2,02	565,72	567,52	+ 4,36	— 1,28	+ 3,0	+ 6,8	.....	7,7	7	NE.	1	0,82
20	567,89	— 0,54	567,79	568,08	+ 5,57	— 0,01	+ 4,0	+ 8,8	.....	.....	.....	SO.	1	0,63
21	567,70	— 0,69	567,39	568,09	+ 4,09	— 1,43	+ 3,0	+ 7,3	.....	2,6	2	NE.	1	0,93
22	565,23	— 3,12	564,39	566,22	+ 4,76	— 0,70	+ 2,0	+ 8,3	.....	.....	.....	NE.	1	0,87
23	563,90	— 4,40	562,66	565,30	+ 2,22	— 3,18	+ 0,9	+ 4,7	.....	1.5	2	NE.	1	0,80
24	566,53	— 1,72	564,92	567,72	+ 5,83	+ 0,50	— 0,1	+10,1	.....	.....	.....	SO.	1	0,73
25	568,44	+ 0,24	567,46	569,46	+ 5,56	+ 0,29	+ 3,5	+ 8,9	.....	.....	.....	variable		0,81
26	570,56	+ 2,41	569,41	571,59	+ 5,26	+ 0,06	+ 2,4	+ 7,9	.....	.....	.....	NE.	1	0,66
27	571,92	+ 3,82	571,35	572,34	+ 7,20	+ 2,07	+ 5,2	+10,1	.....	.....	.....	NE.	1	0,10
28	571,54	+ 3,49	571,30	571,88	+ 6,48	+ 1,43	+ 4,7	+ 9,4	.....	.....	.....	NE.	1	0,34
29	569,11	+ 1,12	568,49	569,80	+ 3,98	— 0,99	+ 1,7	+ 7,1	.....	.....	.....	NE.	2	0,53
30	567,68	— 0,25	567,51	568,11	+ 1,99	— 2,90	— 0,3	+ 5,9	.....	.....	.....	NE.	2	0,53
31	569.84	+ 1 97	568,51	571,00	+ 3.80	— 1.01	— 0,5	+ 6.9	.....	.....	.....	NE.	2	0.06

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	570,08	570,14	570,23	570,29	570,33	570,32	570,37	570,43	570,52
2e »	566,76	566,82	567,01	567,01	567,04	567,07	567,03	567,12	567,31
3e »	567,92	568,10	568,48	568,43	568,44	568,50	568,56	568,76	568,85
Mois	568,24	568,35	568,57	568,57	568,59	568,63	568,65	568,77	568,89
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 6,97	+ 9,18	+10,75	+12,01	+11,51	+10,80	+ 9,64	+ 8,68	+ 8,12
2e »	+ 5,81	+ 6,81	+ 7,90	+ 8,52	+ 8,89	+ 8,08	+ 7,49	+ 6,79	+ 6,50
3e »	+ 2,51	+ 4,85	+ 5,44	+ 7,35	+ 7,45	+ 6,58	+ 5,31	+ 4,12	+ 3,66
Mois	+ 5,01	+ 6,88	+ 7,94	+ 9,23	+ 9,22	+ 8,43	+ 7,41	+ 6,45	+ 6,02

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 6,29	+12,21	0,42	67,3	—
2e »	+ 5,54	+ 9,04	0,82	109,2	—
3e »	+ 2,05	+ 7,87	0,58	4,1	—
Mois	+ 4,54	+ 9,65	0,61	180,6	—

Dans ce mois, l'air a été calme 22,5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,18 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 32,6 sur 100.

* Voir la note du tableau

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1867

POUR GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

M. E. PLANTAMOUR
Professeur

C'est sous la même forme que pour les années antérieures, que je résumerai les principaux phénomènes météorologiques de l'année 1867 dans ces deux stations, aucun changement n'ayant été introduit, ni dans les instruments, ni dans le système suivant lequel les observations sont faites et réduites. Je m'en réfère à cet égard aux détails qui sont donnés dans les résumés précédents.

GENÈVE 1867.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
Déc. 1866.	+ 5,39	+ 5,66	+ 4,80	+ 3,41	+ 2,84	+ 2,36	+ 1,95	+ 1,76	+ 1,53	+ 1,31	+ 1,28	+ 3,41	+ 2,97	− 0,23	+ 7,01
Janv. 1867	+ 2,37	+ 2,81	+ 2,20	+ 1,58	+ 1,16	+ 0,87	+ 0,46	+ 0,11	− 0,15	− 0,35	− 0,25	+ 0,94	+ 0,98	− 2,08	+ 4,41
Février . .	+ 8,37	+ 9,31	+ 9,06	+ 7,53	+ 6,11	+ 5,16	+ 4,42	+ 3,80	+ 3,13	+ 3,05	+ 3,67	+ 6,28	+ 5,82	+ 1,81	+11,16
Mars . . .	+ 7,39	+ 7,80	+ 7,48	+ 6,54	+ 5,63	+ 4,93	+ 4,39	+ 3,85	+ 3,44	+ 3,60	+ 4,38	+ 5,98	+ 5,45	+ 2,73	+ 9,32
Avril . . .	+12,56	+13,21	+12,90	+11,17	+ 9,63	+ 8,71	+ 8,00	+ 6,96	+ 6,21	+ 6,81	+ 9,07	+11,05	+ 9,69	+ 5,36	+14,69
Mai	+16,20	+17,22	+17,06	+15,87	+13,54	+11,99	+10,84	+ 9,75	+ 9,18	+10,18	+12,65	+14,68	+13,26	+ 8,13	+19,46
Juin. . . .	+19,35	+20,20	+20,51	+19,48	+17,19	+15,79	+14,76	+13,71	+13,11	+14,22	+16,32	+18,14	+16,89	+11,75	+22,22
Juillet. . .	+21,01	+22,24	+22,21	+20,83	+18,39	+16,47	+15,05	+13,41	+12,78	+14,33	+17,65	+19,45	+17,82	+11,92	+24,05
Août . . .	+22,48	+23,29	+23,34	+21,99	+19,72	+17,78	+16,61	+15,06	+13,77	+14,45	+18,57	+20,82	+19,00	+13,46	+25,17
Septembre	+19,36	+20,05	+19,98	+18,30	+16,22	+14,61	+13,62	+12,62	+11,89	+12,52	+15,11	+17,56	+15,99	+11,54	+21,74
Octobre. .	+10,73	+11,23	+10,72	+ 9,22	+ 8,35	+ 7,65	+ 7,03	+ 6,20	+ 5,68	+ 6,19	+ 7,32	+ 9,33	+ 8,30	+ 5,11	+12,80
Novembre	+ 5,46	+ 6,12	+ 5,49	+ 4,06	+ 3,07	+ 2,25	+ 1,75	+ 1,40	+ 1,19	+ 1,48	+ 1,91	+ 4,05	+ 3,18	0,00	+ 7,23
Hiver . . .	+ 5,28	+ 5,82	+ 5,23	+ 4,06	+ 3,28	+ 2,72	+ 2,21	+ 1,83	+ 1,45	+ 1,28	+ 1,50	+ 3,45	+ 3,17	− 0,23	+ 7,41
Printemps	+12,05	+12,74	+12,47	+11,19	+ 9,60	+ 8,54	+ 7,74	+ 6,85	+ 6,29	+ 6,87	+ 8,70	+10,57	+ 9,46	+ 5,41	+14,49
Été	+20,96	+21,93	+22,04	+20,78	+18,45	+16,69	+15,48	+14,06	+13,22	+14,34	+17,53	+19,48	+17,91	+12,39	+23,83
Automne .	+11,84	+12,45	+12,05	+10,51	+ 9,20	+ 8,16	+ 7,46	+ 6,73	+ 6,25	+ 6,73	+ 8,10	+10,30	+ 9,15	+ 5,55	+13,91
Année . .	+12,57	+13,28	+12,99	+11,68	+10,17	+ 9,06	+ 8,26	+ 7,40	+ 6,83	+ 7,34	+ 9,00	+10,99	+ 9,96	+ 5,81	+14,95

Formules de la variation diurne de la température à Genève, pendant l'année 1867.

Décembre 1866	t = + 2°,97	+ 1°,93	sin (μ +47°,7)	+ 0°,87	sin (2 μ + 51°,4)	+ 0°,30	sin (3 μ + 64°,8)
Janvier 1867 . .	t = + 0,98	+ 1,35	sin (μ +36,1)	+ 0,52	sin (2 μ + 53,1)	+ 0,19	sin (3 μ + 50,8)
Février	t = + 5,82	+ 3,01	sin (μ +39,3)	+ 0,82	sin (2 μ + 45,0)	+ 0,07	sin (3 μ + 98,1)
Mars	t = + 5,45	+ 2,09	sin (μ +44,1)	+ 0,47	sin (2 μ + 61,0)	+ 0,03	sin (3 μ + 90,0)
Avril	t = + 9,69	+ 3,27	sin (μ +50,3)	+ 0,60	sin (2 μ + 77,6)	+ 0,25	sin (3 μ +251,2)
Mai	t = +13,26	+ 3,94	sin (μ +48,5)	+ 0,28	sin (2 μ + 76,5)	+ 0,32	sin (3 μ +235,3)
Juin	t = +16,89	+ 3,55	sin (μ +46,9)	+ 0,13	sin (2 μ + 85,7)	+ 0,39	sin (3 μ +238,8)
Juillet	t = +17,82	+ 4,57	sin (μ +48,4)	+ 0,27	sin (2 μ +132,0)	+ 0,47	sin (3 μ +254,5)
Août	t = +19,00	+ 4,60	sin (μ +45,9)	+ 0,57	sin (2 μ +107,8)	+ 0,55	sin (3 μ +223,2)
Septembre . . .	t = +15,99	+ 4,03	sin (μ +48,9)	+ 0,51	sin (2 μ + 71,6)	+ 0,28	sin (3 μ +221,4)
Octobre	t = + 8,30	+ 2,55	sin (μ +49,0)	+ 0,60	sin (2 μ + 83,5)	+ 0,07	sin (3 μ +303,7)
Novembre . . .	t = + 3,18	+ 2,35	sin (μ +51,1)	+ 0,62	sin (2 μ + 48,9)	+ 0,10	sin (3 μ + 53,5)
Hiver	t = + 3,17	+ 2,05	sin (μ +41,5)	+ 0,74	sin (2 μ + 48,7)	+ 0,20	sin (3 μ + 65,8)
Printemps . . .	t = + 9,46	+ 3,09	sin (μ +48,1)	+ 0,45	sin (2 μ + 72,3)	+ 0,18	sin (3 μ +244,6)
Été	t = +17,91	+ 4,25	sin (μ +47,0)	+ 0,32	sin (2 μ +113,6)	+ 0,46	sin (3 μ +240,7)
Automne	t = + 9,15	+ 2,96	sin (μ +49,5)	+ 0,57	sin (2 μ + 64,2)	+ 0,06	sin (3 μ +238,0)
Année	t = + 9,96	+ 3,09	sin (μ +47,0)	+ 0,48	sin (2 μ + 67,5)	+ 0,13	sin (3 μ +240,2)

SAINT-BERNARD 1867.

ÉPOQUE.	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1866	– 1,79	– 2,32	– 3,82	– 4,07	– 4,08	– 4,16	– 4,43	– 4,33	– 4,05	– 4,12	– 4,17	– 3,13	– 3,70
Janvier 1867 . .	– 6,34	– 6,28	– 7,36	– 7,47	– 7,69	– 7,49	– 7,56	– 7,87	– 8,26	– 8,48	– 8,10	– 7,11	– 7,50
Février	– 3,23	– 3,39	– 4,36	– 5,46	– 5,46	– 5,42	– 5,52	– 5,83	– 6,03	– 5,89	– 5,54	– 4,25	– 5,03
Mars	– 3,16	– 2,79	– 3,75	– 5,54	– 6,16	– 6,53	– 6,74	– 7,15	– 7,32	– 6,92	– 5,78	– 4,20	– 5,50
Avril	+ 0,15	+ 0,57	– 0,09	– 1,63	– 2,84	– 3,17	– 3,40	– 4,09	– 4,56	– 4,15	– 2,19	– 1,19	– 2,21
Mai	+ 3,85	+ 4,25	+ 3,85	+ 2,59	+ 0,89	+ 0,53	+ 0,28	– 0,30	– 0,79	– 0,29	+ 2,11	+ 3,02	+ 1,67
Juin	+ 7,16	+ 7,13	+ 5,45	+ 4,75	+ 3,78	+ 3,42	+ 2,93	+ 2,27	+ 2,07	+ 2,77	+ 4,83	+ 6,18	+ 4,40
Juillet	+ 8,18	+ 8,71	+ 8,19	+ 6,86	+ 5,45	+ 4,97	+ 4,38	+ 3,22	+ 2,59	+ 3,57	+ 5,57	+ 6,98	+ 5,72
Août	+ 9,84	+ 9,69	+ 8,87	+ 7,84	+ 6,87	+ 6,26	+ 5,69	+ 4,94	+ 4,55	+ 5,31	+ 7,15	+ 8,80	+ 7,15
Septembre . . .	+ 8,14	+ 8,19	+ 7,35	+ 6,47	+ 5,68	+ 5,10	+ 4,64	+ 3,93	+ 3,67	+ 4,28	+ 5,97	+ 6,89	+ 5,86
Octobre	– 0,63	– 0,49	– 1,49	– 2,75	– 2,92	– 3,07	– 3,21	– 3,55	– 3,63	– 3,39	– 2,69	– 1,73	– 2,46
Novembre . . .	– 3,46	– 3,81	– 4,90	– 5,44	– 5,60	– 5,81	– 5,92	– 5,99	– 5,95	– 5,85	– 5,41	– 4,63	– 5,23
Hiver	– 3,80	– 4,02	– 5,20	– 5,67	– 5,75	– 5,70	– 5,85	– 6,02	– 6,12	– 6,16	– 5,95	– 4,85	– 5,42
Printemps . . .	+ 0,28	+ 0,68	0,00	– 1,53	– 2,70	– 3,05	– 3,28	– 3,84	– 4,22	– 3,78	– 1,95	– 0,78	– 2,01
Été	+ 8,40	+ 8,52	+ 7,53	+ 6,50	+ 5,38	+ 4,90	+ 4,35	+ 3,49	+ 3,08	+ 3,90	+ 5,86	+ 7,33	+ 5,77
Automne	+ 1,39	+ 1,28	+ 0,30	– 0,60	– 0,97	– 1,28	– 1,52	– 1,89	– 1,99	– 1,67	– 0,73	+ 0,16	– 0,63
Année	+ 1,58	+ 1,65	+ 0,69	– 0,29	– 0,98	– 1,26	– 1,55	– 2,04	– 2,29	– 1,91	– 0,67	+ 0,49	– 0,55

Formules de la variation diurne de la température au Saint-Bernard, pendant l'année 1867.

Décembre 1866	$t = -\overset{\circ}{3{,}70} + \overset{\circ}{0{,}88} \sin (\mu + \overset{\circ}{80{,}2}) + \overset{\circ}{0{,}50} \sin (2\mu + \overset{\circ}{76{,}8}) + \overset{\circ}{0{,}38} \sin (3\mu + \overset{\circ}{66{,}8})$
Janvier 1867 . .	$t = -7{,}50 + 0{,}70 \sin (\mu + 48{,}5) + 0{,}57 \sin (2\mu + 81{,}9) + 0{,}12 \sin (3\mu + 67{,}8)$
Février	$t = -5{,}03 + 1{,}12 \sin (\mu + 67{,}0) + 0{,}67 \sin (2\mu + 77{,}1) + 0{,}17 \sin (3\mu + 36{,}9)$
Mars	$t = -5{,}50 + 2{,}07 \sin (\mu + 65{,}8) + 0{,}66 \sin (2\mu + 68{,}5) + 0{,}11 \sin (3\mu + 338{,}2)$
Avril	$t = -2{,}21 + 2{,}31 \sin (\mu + 59{,}1) + 0{,}59 \sin (2\mu + 70{,}2) + 0{,}24 \sin (3\mu + 274{,}9)$
Mai	$t = +1{,}67 + 2{,}39 \sin (\mu + 62{,}0) + 0{,}40 \sin (2\mu + 76{,}1) + 0{,}36 \sin (3\mu + 247{,}0)$
Juin	$t = +4{,}40 + 2{,}32 \sin (\mu + 69{,}0) + 0{,}69 \sin (2\mu + 105{,}0) + 0{,}03 \sin (3\mu + 296{,}6)$
Juillet	$t = +5{,}72 + 2{,}73 \sin (\mu + 53{,}4) + 0{,}53 \sin (2\mu + 94{,}3) + 0{,}33 \sin (3\mu + 273{,}5)$
Août	$t = +7{,}15 + 2{,}44 \sin (\mu + 60{,}8) + 0{,}61 \sin (2\mu + 104{,}3) + 0{,}10 \sin (3\mu + 233{,}1)$
Septembre . . .	$t = +5{,}86 + 2{,}07 \sin (\mu + 59{,}2) + 0{,}48 \sin (2\mu + 98{,}5) + 0{,}09 \sin (3\mu + 288{,}4)$
Octobre	$t = -2{,}46 + 1{,}36 \sin (\mu + 67{,}4) + 0{,}58 \sin (2\mu + 71{,}2) + 0{,}18 \sin (3\mu + 11{,}5)$
Novembre . . .	$t = -5{,}23 + 1{,}03 \sin (\mu + 73{,}7) + 0{,}49 \sin (2\mu + 77{,}4) + 0{,}20 \sin (3\mu + 62{,}8)$
Hiver	$t = -5{,}42 + 0{,}88 \sin (\mu + 67{,}4) + 0{,}58 \sin (2\mu + 77{,}2) + 0{,}25 \sin (3\mu + 63{,}6)$
Printemps . . .	$t = -2{,}01 + 2{,}25 \sin (\mu + 61{,}9) + 0{,}56 \sin (2\mu + 73{,}7) + 0{,}23 \sin (3\mu + 270{,}0)$
Été	$t = +5{,}77 + 2{,}48 \sin (\mu + 60{,}5) + 0{,}57 \sin (2\mu + 102{,}3) + 0{,}15 \sin (3\mu + 270{,}0)$
Automne	$t = -0{,}63 + 1{,}49 \sin (\mu + 65{,}6) + 0{,}50 \sin (2\mu + 81{,}4) + 0{,}18 \sin (3\mu + 52{,}5)$
Année	$t = -0{,}55 + 1{,}78 \sin (\mu + 62{,}6) + 0{,}55 \sin (2\mu + 83{,}5) + 0{,}06 \sin (3\mu + 333{,}4)$

Si l'on compare la température moyenne de chaque mois, des saisons et de l'année entière avec les valeurs moyennes déduites pour Genève des 40 années 1826-65 et pour le Saint-Bernard des 27 années 1841-67, on trouve les écarts suivants:

	ÉCARTS.		
	Température. Genève.	Température. Saint-Bernard.	Décroissement entre les deux stations.
Décembre 1866.	+2°,13	+3°,89	—1°,76
Janvier 1867 . .	+1,27	+1,54	—0,27
Février	+4,50	+3,58	+0,92
Mars	+0,92	+1,82	—0,90
Avril	+0,86	+1,06	—0,20
Mai	+0,16	+1,16	—1,00
Juin.	+0,11	+0,31	—0,20
Juillet.	—0,79	—0,44	—0,35
Août	+1,11	+1,17	—0,06
Septembre. . . .	+1,62	+2,54	—0,92
Octobre.	—1,63	—1,98	+0,35
Novembre. . . .	—1,41	+0,07	—1,48
Hiver	+2,57	+2,98	—0,41
Printemps. . . .	+0,64	+1,35	—0,71
Été	+0,14	+0,35	—0,21
Automne	—0,49	+0,19	—0,68
Année.	+0,71	+1,21	—0,50

Pour Genève, les écarts positifs de décembre, février, août et septembre et les écarts négatifs d'octobre et novembre dépassent les limites de l'écart probable dans ces différents mois; l'écart le plus fort est celui de février, et ce qui est assez remarquable, c'est que l'année précédente 1866 avait donné pour le même mois un écart encore un peu supérieur +4°,55, en sorte que c'est sur deux années consécutives que tombent les deux mois de février les plus chauds de beaucoup, pendant toute la série des 42 années. Comme l'année dernière également,

l'hiver entier a été exceptionnellement doux, et l'on ne rencontre qu'en 1828 et en 1834 une température plus élevée dans cette saison. Les autres saisons n'ont pas présenté des écarts considérables, en dehors des limites de l'écart probable, mais la température anormale de l'hiver a eu pour effet d'élever la température de l'année entière au delà des limites de l'écart probable; depuis 42 ans, il ne s'en trouve que huit, dont la température moyenne ait été plus élevée.

Les résultats principaux que l'on peut déduire de la température moyenne des 24 heures pour chaque jour de l'année, au point de vue des anomalies et de la variabilité de la température, sont donnés dans les tableaux suivants sous la même forme que dans les résumés antérieurs. J'ai relevé également la température de cinq en cinq jours, du 1er janvier au 31 décembre 1867, en inscrivant dans la colonne suivante l'écart, soit la différence avec le chiffre calculé par la formule déduite des 43 années 1826-65; lorsque cet écart dépasse les limites de l'écart probable, et constitue ainsi une anomalie, il est mis entre parenthèses. Sur les 73 périodes de l'année, il s'en trouve 43 pour lesquelles l'écart est positif, et 30 pour lesquelles il est négatif; sur les 43 écarts positifs, 23 dépassent les limites de l'écart probable, l'écart maximum positif $+5^{\circ},99$ tombe sur la période du 5 au 9 février. Sur les 30 écarts négatifs, 18 dépassent les limites de l'écart probable, le maximum négatif $-5^{\circ},83$ tombe sur la période du 21 au 25 mai.

La période des cinq jours consécutifs les plus chauds de l'année est comprise du 19 au 23 août avec une température moyenne de $+21^{\circ},57$, et celle des cinq jours consécutifs les plus froids est comprise du 16 au 20 janvier avec une température moyenne de $-5^{\circ},55$.

GENÈVE 1867.

ÉPOQUE	NOMBRE DE JOURS								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	très-froids	froids		tempérés		chauds		très-chauds		
	-10° à -5°	-5° à 0°	0° à +5°	+5° à +10°	+10° à +15°	+15° à +20°	+20° à +25°	+25° à +30°		
Déc. 1866 .	—	7	13	11	—	—	—	—	- 3°,11 le 26	+ 8°,80 le 7
Janv. 1867 .	4	9	10	8	—	—	—	—	- 8,78 le 18	+ 9,49 le 10
Février. . .	—	—	10	18	—	—	—	—	+ 1,93 le 28	+ 9,55 le 6
Mars. . . .	—	6	5	17	3	—	—	—	- 2,75 le 2	+10,99 le 26
Avril. . . .	—	—	1	20	9	—	—	—	+ 4,18 le 1	+13,89 le 14
Mai	—	—	2	5	13	10	1	—	+ 4,83 le 23	+20,25 le 30
Juin	—	—	—	—	7	18	5	—	+10,16 le 16	+23,73 le 13
Juillet . . .	—	—	—	—	2	26	3	—	+14,25 le 9	+24,24 le 23
Août	—	—	—	—	1	18	12	—	+14,10 le 28	+24,38 le 20
Septembre.	—	—	—	5	4	15	6	—	+ 7,64 le 27	+21,65 le 14
Octobre . .	—	—	4	18	9	—	—	—	+ 3,96 le 6	+13,48 le 3
Novembre .	—	5	16	9	—	—	—	—	- 3,42 le 26	+ 9,24 le 16
Année . . .	4	27	61	111	48	87	27	—	- 8,78 le 18 Janvier	+24,38 le 20 Août

GENÈVE 1867.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. . 1866	9	22	5	± 4,09°	− 4,48° le 1	+ 7,22° le 7	± 2,63°	− 4,11° le 8	+ 6,87° le 26
Janvier 1867	12	19	4	4,99	− 8,34 le 18	+10,02 le 10	3,19	− 5,19 le 17	+ 6,43 le 6
Février . . .	1	27	1	4,94	− 0,78 le 28	+ 9,00 le 6	2,46	− 6,48 le 6	+ 4,11 le 8
Mars	11	20	4	3,76	− 5,70 le 2	+ 6,88 le 11	2,19	− 4,97 le 16	+ 6,03 le 8
Avril	11	19	9	2,25	− 2,58 le 1	+ 5,34 le 14	2,51	− 5,11 le 14	+ 4,28 le 16
Mai	17	14	7	4,31	− 9,24 le 24	+ 6,96 le 11	2,94	− 8,00 le 22	+ 8,11 le 25
Juin	15	15	11	3,45	− 6,78 le 16	+ 7,09 le 13	3,00	− 6,95 le 3	+ 5,18 le 30
Juillet . . .	21	10	11	2,30	− 4,31 le 9	+ 5,43 le 23	2,07	− 6,68 le 23	+ 4,23 le 21
Août	9	22	3	2,89	− 3,22 le 1	+ 6,85 le 20	1,64	− 3,96 le 27	+ 3,03 le 19
Septembre .	9	21	3	3,60	− 5,27 le 27	+ 6,90 le 14	2,23	− 5,49 le 16	+ 3,67 le 6
Octobre *. .	20	10	8	3,38	− 7,53 le 6	+ 3,13 le 18	2,51	− 7,52 le 3	+ 6,73 le 13
Novembre .	24	6	6	3,14	− 6,44 le 26	+ 4,70 le 16	2,59	− 3,57 le 18	+ 9,02 le 30
Année . . .	159	205	72	± 3,63	− 9,24 le 24 mai	+10,02 le 10 janvier	± 2,49	− 8,00 le 22 mai	+ 9,02 le 30 novembre

* L'écart était nul un jour de ce mois.

SAINT-BERNARD 1867

ÉPOQUE	Nombre de jours dont la température est comprise entre										Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	- 30° et - 25	- 25° et - 20	- 20° et - 15	- 15° et - 10	- 10° et - 5	- 5° et 0	0° et + 5	+ 5° et + 10	+ 10° et + 15	+ 15° et + 20		
Décembre 1866	—	—	—	—	13	12	6	—	—	—	- 9,98° le 17	+ 2,53° le 6
Janvier 1867 . .	—	—	5	4	13	7	2	—	—	—	-18,38 le 17	+ 1,94 le 24
Février	—	—	—	1	11	15	1	—	—	—	-11,70 le 7	+ 0,79 le 10
Mars	—	—	1	5	5	20	—	—	—	—	-16,30 le 2	- 0,99 le 17
Avril	—	—	—	1	7	15	7	—	—	—	-10,98 le 1	+ 4,53 le 18
Mai	—	—	—	—	4	6	11	10	—	—	- 9.44 le 24	+ 7.20 le 11
Juin	—	—	—	—	—	4	12	13	1	—	- 4.22 le 16	+10.02 le 12
Juillet	—	—	—	—	—	—	10	19	2	—	+ 0.82 le 8	+11.74 le 22
Août	—	—	—	—	—	—	6	18	7	—	+ 0.56 le 28	+12.77 le 14
Septembre . . .	—	—	—	—	—	1	11	16	2	—	- 2.66 le 25	+11.24 le 3
Octobre.	—	—	—	1	9	11	10	—	—	—	-11.09 le 6	+ 3.26 le 30
Novembre . . .	—	—	1	3	11	13	1	1	—	—	-15.15 le 22	+ 5,66 le 1
Année	—	—	7	15	73	104	77	77	12	—	-18,38 le 17 janvier	+12,77 le 14 août

SAINT-BERNARD 1867

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. 1866 . .	4	27	5	± 5,87	− 2,37 le 1	+10,02 le 6	± 3,17	− 8,46 le 7	+ 7,22 le 17
Janvier 1867	10	21	5	5,85	− 8,91 le 17	+11,44 le 24	4,55	−10,51 le 15	+ 6,78 le 6
Février . . .	1	27	2	4,87	− 2,36 le 7	+10,05 le 10	3,63	− 9,10 le 6	+ 8,42 le 7
Mars	8	23	4	4,26	− 7,91 le 2	+ 6,28 le 17	2,45	− 4,31 le 5	+ 5,85 le 2
Avril	7	23	11	3,49	− 5,22 le 1	+ 8,16 le 18	3,58	− 6,93 le 14	+ 6,28 le 22
Mai	12	19	9	4,94	−10,86 le 24	+ 7,70 le 9	3,21	− 7,80 le 22	+ 8,28 le 24
Juin.	13	17	12	3,66	− 8,33 le 16	+ 6,48 le 1	3,08	− 7,49 le 7	+ 4,99 le 17
Juillet * . .	14	16	10	2,70	− 5,25 le 28	+ 5,55 le 22	2,72	− 5,19 le 27	+ 6,85 le 20
Août	9	22	6	3,45	− 4,49 le 28	+ 6,89 le 14	2,55	− 5,75 le 27	+ 6,59 le 28
Septembre .	5	25	8	3,85	− 4,73 le 25	+ 6,69 le 3	2,40	− 4,59 le 24	+ 4,82 le 25
Octobre. . .	14	17	6	5,40	−11,64 le 6	+ 6,33 le 31	4,23	−10,50 le 3	+11,21 le 6
Novembre .	14	16	8	3,78	− 9,08 le 22	+ 8,97 le 1	2,85	− 9,46 le 1	+ 4,04 le 22
Année . . .	111	253	86	± 4,39	−11,64 le 6 octobre	+11,44 le 24 janvier	± 3,22	−10,51 le 15 janvier	+11,21 le 6 octobre

* L'écart était nul un jour de ce mois.

1867. Température de 5 en 5 jours.

Date	Tempé-rature moy.	Diffé-rence avec la formule	Date	Tempé-rature	Diffé-rence avec la formule
	°	°		°	°
1– 5 Janvier	– 0,84	–0.42	30– 4 Juillet	+18.62	+0.39
6–10 id.	+ 5,45	(+5.97)	5– 9 id.	+16.02	(–2.46)
11–15 id.	– 0,45	+0.07	10–14 id.	+17.67	–1.00
16–20 id.	– 5,55	(–5.11)	15–19 id.	+18.65	–0.13
21–25 id.	+ 1,66	+1.94	20–24 id.	+19.65	+0.84
26–30 id.	+ 4,44	(+4,48)	25–29 id.	+17.22	–1,55
31– 4 Février	+ 4.62	(+4,35)	30– 3 Août	+15.69	(–2.96)
5– 9 id.	+ 6.62	(+5,99)	4– 8 id.	+16.77	(–1 68)
10–14 id.	+ 5,46	(+4,40)	9–13 id.	+20,48	(+2.30)
15–19 id.	+ 6.96	(+5,43)	14–18 id.	+20.76	(+2.91)
20–24 id.	+ 5.90	(+3.85)	19–23 id.	+21.57	(+4.12)
25– 1 Mars	+ 4,25	+1,65	24–28 id.	+17.79	+0,80
2– 6 id.	– 1,43	(–4.61)	29– 2 Septemb.	+19.03	(+2.55)
7–11 id.	+ 5,33	+1,55	3– 7 id.	+19.81	(+3.89)
12–16 id.	+ 8,73	(+4,33)	8–12 id.	+18.63	(+3.33)
17–21 id.	+ 5,67	+0,63	13–17 id.	+17.06	(+2.45)
22–26 id.	+ 8,90	(+3,21)	18–22 id.	+15.14	+1.19
27–31 id.	+ 6,70	+0,34	23–27 id.	+11.00	(–2.21)
1– 5 Avril	+ 6,89	–0,14	28– 2 Octobre	+10,64	(–1,81)
6–10 id.	+ 8,89	+1,18	3– 7 id.	+ 7,49	(–4.16)
11–15 id.	+10,16	+1.75	8–12 id.	+ 5,90	(–4.93)
16–20 id.	+11,72	(+2.62)	13–17 id.	+11,05	+1.07
21–25 id.	+10,79	+0.98	18–22 id.	+ 9,54	+0.41
26–30 id.	+ 9,69	–0,83	23–27 id.	+ 8,50	+0.23
1– 5 Mai	+ 9.88	–1,36	28– 1 Novemb.	+ 5.59	(–1,81)
6–10 id.	+16.94	(+4.99)	2– 6 id.	+ 4.64	(–1.90)
11–15 id.	+15.20	(+2.54)	7–11 id.	+ 3.72	(–1.97)
16–20 id.	+11.87	–1.50	12–16 id.	+ 6.36	+1.50
21–25 id.	+ 8.22	(–5.83)	17–21 id.	+ 4.39	+0.33
26–30 id.	+16.47	(+1.75)	22–26 id.	– 0.73	(–4.04)
31– 4 Juin	+18.83	(+3.47)	27– 1 Décemb.	+ 0.80	–1.79
5– 9 id.	+16.71	+0.75	2– 6 id.	– 1.30	(–3.24)
10–14 id.	+19.19	(+2.66)	7–11 id.	– 2,48	(–3.83)
15–19 id.	+12,08	(–4.96)	12–16 id.	+ 3.17	(+2.34)
20–24 id.	+17,47	–0.03	17–21 id.	+ 2.20	+1.81
25–29 id.	+17,41	–0.49	22–26 id.	– 0.98	–1,01
			27–31 id.	– 3.71	(–3.47)

GENÈVE 1867. — INDICATIONS DES THERMOMÉTROGRAPHES.

	Minimum absolu	Date.	Maximum absolu.	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°.	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°.
Décemb. 1866	— 5°,9	le 1	+14°,0	le 5 et le 7	18	5
Janvier 1867.	—16,0	le 18	+13,2	le 10	21	9
Février. . . .	— 1,0	le 24	+15,0	le 15 et le 22	6	0
Mars.	— 4,1	le 3	+16,5	le 26	8	2
Avril	— 0,1	le 13	+21,2	le 24	1	0
Mai.	— 0,3	le 25	+27,0	le 12	1	0
Juin	+ 3,8	le 18	+30,0	le 13	0	0
Juillet	+ 7,0	les 9, 30 et 31	+31,4	le 23	0	0
Août	+ 8,5	le 6	+32,1	le 20	0	0
Septembre . .	+ 1,4	le 28	+29,1	le 2	0	0
Octobre . . .	— 1,9	le 6	+20,4	le 14	2	0
Novembre . .	— 7,5	le 27	+16,8	le 16	16	0
Année	—16,0	le 18 janvier.	+32,1	le 20 août.	73	16

Le minimum est descendu à —0,3 le 25 mai, date postérieure de 10 jours à celle des gelées les plus tardives observées à Genève depuis 42 ans; un abaissement aussi exceptionnel de la température dans cette saison a eu les conséquences les plus fâcheuses pour la végétation, non-seulement dans notre canton, mais dans la plus grande partie de la Suisse et dans les pays voisins, car il s'est fait sentir sur une étendue considérable. On a même observé à Genève une faible gelée blanche près d'un mois plus tard, le 18 juin, bien que ce jour-là le minimum ne soit pas descendu au-dessous de +3°,8. La première gelée a eu lieu le 6 octobre, plus de trois semaines plus tôt que de coutume, l'année 1867 présente ainsi cette anomalie remarquable que malgré sa température moyenne

notablement plus chaude que celle des 12 années antérieures, la partie froide, pendant laquelle le thermomètre s'abaisse au-dessous de 0 a été beaucoup plus étendue, et la partie de l'année pendant laquelle il ne gèle pas a été de 56 jours, près de deux mois, plus courte.

L'absence de thermométrographes au Saint-Bernard ne permet pas de donner pour cette station les maxima et les minima absolus, mais seulement les températures les plus élevées et les plus basses, notées dans le cours du mois à l'une des heures d'observation, entre 6 heures du matin et 6 heures du soir. Ce relevé montre que dans tous les mois de l'année des températures au-dessous de 0 ont été observées, et de même aussi des températures au-dessus de 0: le minimum de —20°,0 est un froid relativement très-modéré pour cette station. La glace a disparu du lac près de l'hospice le 20 juillet, à peu près à l'époque moyenne, mais la congélation a eu lieu plus tôt que de coutume, le 8 octobre.

SAINT-BERNARD 1867.

	Minimum.	Date.		Maximum.	Date.	
	°			°		
Déc. 1866	—11,7	le 17 à	6 h. soir.	+ 6,9	le 6 à	midi.
Janv. 1867	—20,0	le 17 à	6 h. soir.	+ 6,3	le 24 à	midi.
Février. .	—13,0	le 7 à	10 h. soir.	+ 4,0	le 10 à	2 h. soir.
Mars . . .	—17,5	le 2 à	8 h. mat.	+ 5,1	le 22 à	2 h. soir.
Avril . . .	—13,2	le 1 à	6 h. mat.	+ 9,9	le 18 à	2 h. soir.
Mai. . . .	—13,2	le 24 à	6 h. mat.	+12,2	le 9 à	8 h. mat.
Juin . . .	— 5,1	le 17 à	6 h. mat.	+14,9	le 12 à	2 h. soir.
Juillet . .	— 2,6	le 30 à	6 h. mat.	+16,2	le 22 à	4 h. soir.
Août . . .	— 0,3	le 8 à	6 h. mat.	+17,1	le 14 à	2 h. soir.
Septembre	— 4,8	le 25 à	8 h. mat.	+15,1	le 3 à	2 h. soir.
Octobre. .	—13,6	le 6 à	6 h. mat.	+ 7,1	le 30 à	2 h. soir.
Novembre	—17,8	le 22 à	8 h. mat.	+ 8,3	le 1 à	4 h. soir.
Année . .	—20,0	le 17 à janvier	6 h. soir.	+17,1	le 14 à août	2 h. soir.

TEMPÉRATURE DU RHONE 1867.

	Moyenne.	Excédant sur la moyenne 1853—1867.	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air
Déc. 1866	+7°,75	+0°,95	+6°,9 le 24, le 26, le 27 et le 28.	+8°,7 le 7	+4°,78
Janv. 1867	5,85	+0,78	4,9 le 15	6,8 le 2, le 3 et le 11	+4,87
Février. .	6,41	+1,49	5,8 le 1, le 2, le 7, le 8 et le 9.	7,5 le 27	+0,59
Mars . . .	6,53	+0,46	4,7 le 2	7,8 le 25	+1,08
Avril . . .	7,60	—1,18	6,7 le 1	9,8 le 27	—2,09
Mai. . . .	10,72	—0,61	7,5 le 1	14,2 le 31	—2,54
Juin . . .	15,81	+0,79	11,8 le 4	17,8 le 7	—1,08
Juillet . .	16,06	—1,50	9,6 le 3	19,5 le 26	—1,76
Août . . .	19,56	+0,97	17,7 le 8	21,8 le 15 et le 23	+0,56
Septemb..	18,92	+1,92	15,7 le 26	20,8 le 2 et le 13	+2,93
Octobre. .	12,12	—2,13	8,2 le 10	15,7 le 1	+3,82
Novembre.	9,40	—0,40	7,6 le 22	11,6 le 1	+6,22
Année.. .	+11,45	+0,15	+4,7 le 2 mars.	+21,8 le 15 et le 23 août.	+1,49

Température du Rhône en 1867.

ÉPOQUE	Écarts moyens d'un jour	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
		négatifs	positifs		négatifs	positifs
Décembre 1866	±1°,34	—0°,9 le 1	+2°,0 le 29	±0°,28	—0°,4 le 11	+0°,7 le 1
Janvier 1867 .	1,30	+0,3 le 15*	+2,1 le 11	0,28	—0,7 le 3	+0,6 le 8
Février	1,74	+1,2 le 9*	+2,3 le 27	0,30	—1,3 le 28	+0,5 le 14
Mars	0,62	—0,6 le 2	+1,2 le 25	0,37	—1,1 le 1	+0,5 les 19, 22, 29
Avril	0.72	—1,5 le 30	+0,8 le 27	0,48	—1,1 le 28	+1,2 le 26
Mai	1,62	—2,6 le 23	+3,6 le 10	0,93	—2,0 le 11	+1,8 le 9
Juin	2,01	—1,2 le 4	+4,5 le 7	1,33	—4,3 le 7	+3,0 le 4
Juillet	2,97	—6,8 le 3	+1,6 le 1	2,41	—7,1 le 2	+6,6 le 3
Août	1,79	—1,0 le 8	+3,2 le 23	0,73	—1,9 le 27	+1,1 les 11 et 14
Septembre . .	2,28	—0,4 le 26	+3,5 le 13	0,56	—2,5 le 24	+0,7 le 12,
Octobre	2,44	—6,3 le 10	+0,2 le 1	0,80	—2,9 le 7	+2,1 le 11
Novembre . . .	0,59	—1,4 le 22	+0,5 le 18	0,45	—1,7 le 21	+1,2 le 22

* La température du Rhône a été pendant tout le mois au-dessus de sa valeur normale.

GENEVE 1867. — Pression atmosphérique.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1866	731,19	+0,18	-0,40	-0,38	-0,25	-0,14	-0,08	-0,12	-0,16	-0,18	+0,19	+0,50	+0,87
Janvier 1867 .	721,91	+0,16	-0,27	-0,20	-0,04	+0,19	+0,23	+0,11	-0,16	-0,44	-0,29	+0,17	+0,55
Février	732,58	+0,28	-0,43	-0,59	-0,35	-0,01	+0,08	-0,04	-0,18	-0,16	+0,19	+0,56	+0,68
Mars	720,69	+0,20	-0,21	-0,42	-0,20	+0,15	+0,26	+0,11	-0,19	-0,32	-0,12	+0,28	+0,47
Avril	726,46	+0,12	-0,20	-0,39	-0,35	+0,12	+0,21	+0,13	-0,12	-0,22	-0,04	+0,29	+0,45
Mai	725,50	+0,03	-0,31	-0,66	-0,61	-0,16	+0,22	+0,28	+0,08	+0,06	+0,28	+0,42	+0,37
Juin	727,85	+0,14	-0,24	-0,60	-0,60	-0,15	+0,21	+0,23	+0,02	-0,03	+0,18	+0,44	+0,41
Juillet	727,52	+0,19	-0,20	-0,70	-0,88	-0,56	+0,04	+0,23	+0,11	+0,17	+0,47	+0,63	+0,49
Août.	727,91	+0,01	-0,42	-0,75	-0,68	-0,11	+0,29	+0,30	+0,10	+0,09	+0,30	+0,46	+0,40
Septembre . .	729,55	+0,12	-0,33	-0,63	-0,49	+0,07	+0,19	+0,04	-0,21	-0,14	+0,22	+0,59	+0,57
Octobre	727,67	+0,12	-0,19	-0,35	-0,08	+0,18	+0,32	+0,13	-0,28	-0,47	-0,19	+0,35	+0,46
Novembre . . .	731,30	+0,08	-0,41	-0,38	+0,03	+0,16	+0,24	+0,07	-0,24	-0,42	-0,09	+0,39	+0,58
Hiver	728,43	+0,20	-0,37	-0,39	-0,21	+0,01	+0,07	-0,02	-0,17	-0,27	+0,02	+0,40	+0,70
Printemps. . .	724,19	+0,11	-0,24	-0,49	-0,39	+0,04	+0,23	+0,18	-0,07	-0,16	+0,04	+0,33	+0,43
Été	727,76	+0,11	-0,29	-0,68	-0,72	-0,28	+0,18	+0,25	+0,19	+0,08	+0,31	+0,51	+0,43
Automne . . .	729,49	+0,10	-0,31	-0,45	-0,19	+0,13	+0,25	+0,08	-0,25	-0,35	-0,02	+0,44	+0,53
Année.	727,46	+0,13	-0,31	-0,51	-0,38	-0,03	+0,18	+0,12	-0,08	-0,18	+0,09	+0,42	+0,52

Formules de la variation diurne du baromètre à Genève, pendant l'année 1867.

	mm	mm o	mm o	mm o
Décembre 1866.	B = 731.19	+0.35 sin (μ +146,5)	+0,34 sin (2 μ +170,6)	+0,12 sin (3 μ +191,8)
Janvier 1867 . .	B = 721.91	+0.07 sin (μ + 56,3)	+0,35 sin (2 μ +154,9)	+0,11 sin (3 μ +190,3)
Février	B = 732.58	+0.33 sin (μ +159,0)	+0,40 sin (2 μ +165,5)	+0.06 sin (3 μ +154,3)
Mars.	B = 720.69	+0.08 sin (μ +148,4)	+0,37 sin (2 μ +154.3)	+0,03 sin (3 μ +158,2)
Avril	B = 726.46	+0,13 sin (μ +169,1)	+0,33 sin (2 μ +150.7)	+0,01 sin (3 μ +144.5)
Mai.	B = 725.50	+0.39 sin (μ +193,3)	+0.29 sin (2 μ +144,7)	+0,07 sin (3 μ +342,9)
Juin	B = 727.85	+0,35 sin (μ +183,3)	+0,32 sin (2 μ +142,1)	+0,05 sin (3 μ +338,2)
Juillet	B = 727.52	+0,59 sin (μ +176,1)	+0,28 sin (2 μ +130,6)	+0,12 sin (3 μ +329,0)
Août	B = 727.91	+0,44 sin (μ +197,2)	+0,34 sin (2 μ +149.6)	+0,06 sin (3 μ + 0,0)
Septembre. . .	B = 729.55	+0.31 sin (μ +170,7)	+0,40 sin (2 μ +165.6)	+0,03 sin (3 μ + 18,4)
Octobre. . . .	B = 727.67	+0.06 sin (μ + 84.8)	+0,40 sin (2 μ +160,2)	+0,06 sin (3 μ +239,0)
Novembre . . .	B = 731.30	+0,07 sin (μ +315,0)	+0,42 sin (2 μ +170,3)	+0,10 sin (3 μ +205,3)
Hiver.	B = 728.43	+0,22 sin (μ +146,0)	+0.36 sin (2 μ +163,5)	+0,11 sin (3 μ +204,2)
Printemps . . .	B = 724.19	+0.19 sin (μ +183.2)	+0.35 sin (2 μ +153.3)	+0,01 sin (3 μ +333,4)
Été	B = 727.76	+0,46 sin (μ +186.8)	+0,30 sin (2 μ +137,8)	+0,06 sin (3 μ +330,5)
Automne	B = 729.49	+0.13 sin (μ +155,6)	+0,41 sin (2 μ +163,1)	+0,04 sin (3 μ +228,2)
Année	B = 727,46	+0,24 sin (μ +173,4)	+0,34 sin (2 μ +155,8)	+0,02 sin (3 μ +312,3)

SAINT-BERNARD 1867

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1866.	565,98	+0,12	-0,03	+0,01	+0,01	+0,09	+0,02	-0,10	-0,13	-0,17	-0,06	-0,15	+0,40
Janvier 1867 . .	556,79	-0,08	-0,14	+0,02	+0,14	+0,36	+0,42	+0,31	-0,02	-0,38	-0,39	-0,32	+0,10
Février	567,18	+0,15	-0,26	-0,22	-0,05	+0,09	+0,16	+0,05	-0,12	-0,25	-0,08	+0,14	+0,39
Mars	557,59	+0,04	-0,05	-0,12	0,00	+0,26	+0,31	+0,22	-0,17	-0,49	-0,37	+0,08	+0,26
Avril	563,04	+0,16	+0,21	+0,15	+0,18	+0,42	+0,40	+0,13	-0,30	-0,54	-0,50	-0,27	0,00
Mai.	564,88	+0,05	+0,11	+0,11	+0,12	+0,35	+0,47	+0,20	-0,29	-0,55	-0,40	-0,23	+0,05
Juin	567,91	+0,07	+0,03	-0,04	+0,03	+0,21	+0,35	+0,25	-0,14	-0,41	-0,30	-0,12	+0,06
Juillet	568,02	+0,14	+0,15	+0,13	+0,06	+0,20	+0,25	+0,09	-0,24	-0,40	-0,28	-0,10	+0,02
Août	569,50	+0,03	-0,04	-0,05	-0,02	+0,32	+0,45	+0,30	-0,18	-0,48	-0,32	-0,05	+0,07
Septembre . . .	569,79	+0,17	+0,01	-0,04	0,00	+0,27	+0,31	+0,11	-0,28	-0,47	-0,29	+0,02	+0,20
Octobre.	564,44	+0,09	+0,04	-0,03	+0,11	+0,25	+0,26	+0,11	-0,14	-0,33	-0,28	-0,19	+0,10
Novembre . . .	565,48	+0,03	-0,17	-0,09	+0,15	+0,22	+0,29	+0,10	-0,28	-0,44	-0,19	+0,21	+0,16
Hiver.	563,19	+0,06	-0,14	-0,06	+0,03	+0,18	+0,20	+0,09	-0,09	-0,27	-0,19	-0,12	+0,30
Printemps . . .	561,82	+0,09	+0,09	+0,05	+0,10	+0,35	+0,39	+0,19	-0,25	-0,52	-0,42	-0,13	+0,11
Été	568,48	+0,08	+0,05	+0,02	+0,03	+0,25	+0,36	+0,22	-0,18	-0,43	-0,30	-0,09	+0,05
Automne	566,55	+0,09	-0,04	-0,06	+0,08	+0,24	+0,28	+0,10	-0,24	-0,41	-0,25	+0,01	+0,15
Année	565,02	+0,08	-0,01	-0,02	+0,06	+0,25	+0,30	+0,14	-0,19	-0,41	-0,29	-0,09	+0,15

Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique observée à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations :

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
Hiver.	165,24	+0,14	-0,23	-0,33	-0,24	-0,17	-0,13	-0,11	-0,08	0,00	+0,21	+0,52	+0,40
Printemps . . .	162,37	+0,02	-0,33	-0,54	-0,49	-0,31	-0,16	-0,01	+0,18	+0,36	+0,46	+0,46	+0,32
Été	159,28	+0,03	-0,34	-0,70	-0,75	-0,53	-0,18	+0,03	+0,37	+0,51	+0,61	+0,60	+0,38
Automne	162,94	+0,01	-0,27	-0,39	-0,27	-0,11	-0,03	-0,02	-0,01	+0,06	+0,23	+0,43	+0,38
Année	162,44	+0,05	-0,30	-0,49	-0,44	-0,28	-0,12	-0,02	+0,11	+0,23	+0,38	+0,51	+0,37

Formules de la variation diurne du baromètre au Saint-Bernard, pendant l'année 1867

	mm	mm °	mm °	mm °
Décembre 1866.	B = 565,98	+0,11 sin (μ + 66,3)	+0,11 sin (2 μ +152,1)	+0,07 sin (3 μ +135,0)
Janvier 1867 . .	B = 556,79	+0,30 sin (μ +330,0)	+0,21 sin (2 μ +138,8)	+0,05 sin (3 μ +201,8)
Février	B = 567,18	+0,05 sin (μ +126,9)	+0,26 sin (2 μ +159,4)	+0,06 sin (3 μ +180,0)
Mars	B = 557,59	+0,16 sin (μ +358,3)	+0,29 sin (2 μ +147,9)	+0,07 sin (3 μ +236,3)
Avril	B = 563,04	+0,40 sin (μ + 3,3)	+0,20 sin (2 μ +130,9)	+0,04 sin (3 μ +355,7)
Mai	B = 564,88	+0,34 sin (μ +356,6)	+0,23 sin (2 μ +142,9)	+0,07 sin (3 μ +324,0)
Juin	B = 567,91	+0,21 sin (μ +346,0)	+0,23 sin (2 μ +135,0)	+0,04 sin (3 μ +296,6)
Juillet	B = 568,02	+0,24 sin (μ + 12,3)	+0,15 sin (2 μ +134,7)	+0,05 sin (3 μ +323,1)
Août	B = 569,50	+0,23 sin (μ +339,6)	+0,27 sin (2 μ +143,5)	+0,07 sin (3 μ +300,3)
Septembre . . .	B = 569,79	+0,19 sin (μ + 15,5)	+0,27 sin (2 μ +149,4)	+0,03 sin (3 μ +315,0)
Octobre	B = 564,44	+0,20 sin (μ +355,8)	+0,17 sin (2 μ +139,0)	+0,01 sin (3 μ +118,3)
Novembre . . .	B = 565,48	+0,13 sin (μ + 4,4)	+0,27 sin (2 μ +171,6)	+0,07 sin (3 μ +261,9)
Hiver	B = 563,19	+0,10 sin (μ +356,9)	+0,19 sin (2 μ +149,1)	+0,06 sin (3 μ +170,8)
Printemps . . .	B = 561,82	+0,29 sin (μ +359,9)	+0,25 sin (2 μ +142,7)	+0,04 sin (3 μ +297,8)
Été	B = 568,48	+0,22 sin (μ +353,2)	+0,21 sin (2 μ +138,7)	+0,05 sin (3 μ +310,0)
Automne	B = 566,55	+0,17 sin (μ + 2,9)	+0,23 sin (2 μ +156,2)	+0,02 sin (3 μ +180,0)
Année	B = 565,02	+0,19 sin (μ +359,6)	+0,21 sin (2 μ +148,0)	+0,02 sin (3 μ +259,7)

Si l'on compare la hauteur moyenne du baromètre pour chaque mois avec les valeurs moyennes que j'ai déduites pour Genève des 32 années 1836-67, et pour le Saint-Bernard des 27 années 1841-67, on trouve les écarts suivants :

	Genève	Saint-Bernard.	Genève-St-Bernard.
	mm	mm	mm
Décembre 1866	+2,76	+3,66	—0,90
Janvier 1867. .	—5,32	—3,70	—1,62
Février.	+6,12	+6,94	—0,82
Mars	—4,24	—2,12	—2,12
Avril.	+1,92	+1,41	+0,51
Mai	+0,42	+1,04	—0,62
Juin	+0,72	+0,80	—0,08
Juillet	—0,24	—0,47	+0,23
Août	+0,26	+1,10	—0,84
Septembre . . .	+1,99	+2,34	—0,35
Octobre	+1,15	—0,16	+1,31
Novembre . . .	+5,32	+3,45	+1,87
Année	+0,85	+1,14	—0,29

Dans les deux stations, et surtout au Saint-Bernard, le baromètre a été en moyenne dans l'année plus élevé que de coutume; à Genève, l'écart positif des mois de février, avril, septembre et novembre, et l'écart négatif de janvier et de mars dépasse les limites de l'écart probable. Les plus fortes différences entre l'écart observé à Genève et au Saint-Bernard ont eu lieu en janvier, mars, septembre et octobre; dans les deux premiers mois, le baromètre était relativement plus élevé au Saint-Bernard qu'à Genève, et l'inverse a eu lieu pour les deux derniers mois.

Avec les données suivantes pour l'année 1867: 727^{mm},46 et 565^{mm},02 pour la hauteur moyenne du baromètre dans les deux stations, + 9°,96 et — 0°,55 pour la température moyenne, 0,77 et 0,81 pour la fraction moyenne de saturation, je trouve d'après mes tables hypsométriques, 2066^{m},8 pour la différence d'altitude des deux stations, le nivellement direct a donné 2070^{m},3.

Les tableaux suivants renferment les données qui permettent d'apprécier la variabilité du baromètre dans les deux stations, soit que l'on considère l'écart entre la hauteur moyenne du baromètre pour chaque jour et la hauteur normale, ou la variation entre deux jours consécutifs, soit que l'on considère enfin les maxima et minima absolus observés dans chaque mois.

GENÈVE 1867

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes négatifs	Écarts extrêmes positifs	Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs négatifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1866 .	6	25	6	±7,14	-12.89 le 31	+11,64 le 9	±3,90	- 7,63 le 29	+ 7.66 le 7
Janv. 1867.	23	8	5	9.13	-15.61 le 1	+ 6.46 le 27	4,13	- 6.60 le 7	+10,84 le 25
Février. . .	3	25	2	8.43	-10.37 le 6	+13.53 le 22	3,86	- 7.75 le 3	+ 8,28 le 7
Mars	22	9	4	7.16	-12.13 le 6	+ 7.15 le 3	3,90	- 9,46 le 5	+ 7.89 le 29
Avril . . .	8	22	6	4,52	- 6.93 le 28	+ 9.09 le 2	3.20	- 6.11 le 19	+ 5.47 le 28
Mai	14	17	6	3.94	- 8.86 le 12	+ 6.71 le 7	2.42	- 6.05 le 11	+ 4.54 le 27
Juin	10	20	10	3.43	- 5.03 le 24	+ 6.46 le 11	2.79	- 5.54 le 13	+ 5.74 le 25
Juillet . . .	18	13	8	2.57	- 5.33 le 25	+ 3.90 le 6	2.22	- 4.01 le 28	+ 4.12 le 26
Août	14	17	12	2.60	- 8.51 le 2	+ 3.58 le 29	2.08	- 4.77 le 14	+ 5,09 le 2
Septembre .	3	27	4	3,47	- 0.48 le 4	+ 9,09 le 29	1,84	- 3,81 le 23	+ 2.76 le 26
Octobre . .	12	19	8	4.45	- 8.64 le 10	+ 7.95 le 26	4.61	- 8,89 le 7	+ 8,29 le 10
Novembre .	4	26	2	7,23	- 9,77 le 17	+13,38 le 8	3.82	- 9.16 le 30	+ 7,94 le 17
Année . . .	137	228	73	±5,68	-15,61 le 1 janvier	+13,53 le 22 février	±3.30	- 9.46 le 5 mars	+10,84 le 25 janvier

SAINT-BERNARD 1867

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1866.	6	25	4	±7,32	− 9,44 le 31	+11,61 le 24	±2,98	− 8,67 le 13	+ 5,82 le 16
Janv. 1867.	21	10	5	8,17	−14,80 le 16	+ 7,68 le 30	3,31	− 6,33 le 24	+ 7,37 le 21
Février. . .	4	24	3	8,99	− 5,21 le 7	+12,61 le 21	3,32	− 7,22 le 4	+ 9,80 le 7
Mars. . . .	23	8	4	4,69	−12,84 le 6	+ 4,89 le 25	3,33	− 8,34 le 5	+ 4,91 le 31
Avril. . . .	8	22	8	3,41	− 3,99 le 28	+ 7,34 le 13	2,68	− 6,68 le 14	+ 4,52 le 22
Mai	13	18	5	4,45	− 7,72 le 23	+ 9,33 le 7	2,26	− 3,27 le 11	+ 4,42 le 24
Juin	11	19	4	3,69	− 6,36 le 15	+ 7,44 le 12	2,50	− 7,51 le 13	+ 5,47 le 25
Juillet . . .	17	14	9	1,91	− 3,48 le 29	+ 2,79 le 4	1,57	− 3,06 le 18	+ 2,73 le 20
Août. . . .	11	20	5	3,33	− 7,51 le 2	+ 6,22 le 19	1,95	− 4,53 le 14	+ 3,34 le 3
Septembre.	3	27	4	3,73	− 2,17 le 25	+ 6,37 le 29	1,92	− 5,85 le 23	+ 2,93 le 25
Octobre . .	14	17	6	5,66	−10,66 le 8	+ 7,66 le 26	4,22	− 9,39 le 7	+ 8,62 le 28
Novembre .	5	25	6	4,64	− 5,16 le 17	+10,85 le 8	3,11	− 6,26 le 15	+ 5,60 le 6
Année . . .	136	229	63	±5,30	−14,80 le 16 janvier	+12,61 le 21 février	±2,81	− 9,39 le 7 octobre	+ 9,80 le 7 février

GENÈVE 1867.

	Maximum.	Date	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1866.	139,51	le 9	711,68	le 31	27,83
Janv. 1867.	137,16	le 31	709,18	le 11	27,98
Février . .	741,12	le 22	714,82	le 6	26,30
Mars . . .	733,81	le 3	710,31	le 19	23,50
Avril . . .	734,74	le 2	715,25	le 28	19,49
Mai	732,43	le 7	712,89	le 12	19,54
Juin. . . .	733,55	le 11	719,28	le 15	14,27
Juillet. . .	732,13	le 28	720,31	le 23	11,82
Août . . .	732,36	le 19	718,75	le 2	13,61
Septembre.	736,43	le 29	723,67	le 17	12,76
Octobre. .	735,13	le 26	715,86	le 10	19,27
Novembre.	740,46	le 8	714,18	le 16	26,28
Année . . .	741,12	le 22 février	709,18	le 11 janvier.	31,94

SAINT-BERNARD 1867.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1866.	573,20	le 24	550,08	le 31	23,12
Janv. 1867.	568,83	le 28	544,70	le 16	24,13
Février . .	573,16	le 21	552,31	le 7	20,85
Mars . . .	565,73	le 25	546,37	le 7	19,36
Avril . . .	569,06	le 13	556,83	le 28	12,23
Mai. . . .	572,71	le 7	556,35	le 23	16,36
Juin. . . .	574,10	le 12	559,10	le 15	15,00
Juillet. . .	571,61	le 22	564,51	le 30	7,10
Août . . .	575,13	le 19	561,13	le 2	14,00
Septembre.	573,59	le 7	561,74	le 25	11,85
Octobre . .	572,01	le 25	552,99	le 10	19,02
Novembre.	574,04	le 8	555,14	le 17	18,90
Année. . .	575,13	le 19 août.	544,70	le 16 janvier.	30,43

GENÈVE 1867. — Tension de la vapeur.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	18 h.	20 h.	22 h.	TENSION moyenne de 24 h.	TENSION Minimum absolu	TENSION Maximum absolu
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1866.	5,13	5,10	5,10	5,06	4,98	4,82	4,57	4,55	4,87	4,88	2,87	8,10
Janvier 1867 . .	4,50	4,54	4,45	4,41	4,35	4,33	4,20	4,17	4,37	4,34	1,32	7,25
Février	5,64	5,73	5,57	5,60	5,47	5,29	5,02	5,11	5,67	5,43	2,79	8,06
Mars	5,95	5,93	5,93	5,83	5,80	5,85	5,49	5,72	5,93	5,77	2,52	9,08
Avril	6,69	6,44	6,55	6,60	6,52	6,53	6,36	6,68	6,65	6,51	3,12	10,86
Mai	8,46	8,62	8,43	8,39	8,61	8,64	8,27	8,68	8,52	8,48	3,76	13,05
Juin	10,31	10,26	10,19	10,39	10,67	10,30	10,42	10,72	10,32	10,36	5,54	16,10
Juillet	9,27	9,33	9,39	9,64	9,90	9,66	9,39	9,40	9,47	9,44	5,35	14,41
Août	10,85	10,87	11,01	11,36	11,70	11,57	10,83	11,62	11,51	11,14	6,76	16,05
Septembre . . .	10,54	10,63	10,35	10,84	11,14	10,66	9,92	10,72	10,65	10,45	5,04	15,90
Octobre.	7,06	7,13	7,22	7,18	7,00	6,96	6,57	6,85	7,00	6,87	3,27	11,21
Novembre . . .	5,06	4,99	4,87	4,88	4,69	4,70	4,62	4,71	5,04	4,81	2,60	8,45
Hiver.	5,07	5,10	5,02	5,00	4,92	4,80	4,59	4,60	4,95	4,87	1,32	8,10
Printemps . . .	7,04	7,00	6,98	6,94	6,98	7,01	6,71	7,03	7,04	6,93	2,52	13,05
Été	10,14	10,15	10,19	10,46	10,76	10,52	10,21	10,58	10,43	10,31	5,35	16,10
Automne	7,55	7,58	7,47	7,63	7,61	7,43	7,03	7,42	7,56	7,37	2,60	15,90
Année	7,46	7,47	7,43	7,52	7,58	7,46	7,15	7,42	7,51	7,38	1,32	16,10

GENÈVE 1867. — Fraction de saturation en millièmes.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu
Déc. 1866 .	773	751	794	859	883	885	889	889	891	896	898	826	853	400	1000, 42 fois
Janvier 1867	808	791	809	837	846	861	871	884	892	900	883	857	853	420	1000, 22 »
Février. . .	686	650	647	719	774	800	828	861	884	881	856	796	782	400	1000, 10 »
Mars	749	732	751	784	827	867	884	890	895	890	874	816	830	410	1000, 25 »
Avril	612	572	598	670	723	773	821	873	892	850	766	671	735	270	1000, 5 »
Mai	621	593	593	646	743	818	863	884	899	874	783	681	750	180	1000, 3 »
Juin	612	580	567	607	724	762	803	848	891	855	772	661	724	390	1000, 2 »
Juillet . . .	497	466	473	524	624	691	754	832	854	778	625	567	640	310	980
Août	542	526	532	590	687	765	819	876	915	882	733	633	708	250	980
Septembre .	626	610	598	684	788	839	874	893	912	888	816	698	769	340	1000, 11 »
Octobre . .	729	7[illegible]6	738	807	837	874	891	907	916	905	874	787	831	450	1000 9 »
Novembre .	728	687	703	779	803	852	872	891	896	886	875	795	814	450	1000. 11 »
Hiver. . . .	758	734	754	808	836	850	864	879	889	893	879	828	831	400	1000, 74 fois
Printemps .	661	633	648	700	765	820	856	882	895	871	808	724	772	180	1000, 33 »
Été	551	523	523	573	678	739	792	852	887	838	709	620	690	250	1000, 2 »
Automne . .	695	668	680	757	810	855	879	897	908	893	855	761	805	340	1000, 31 »
Année . . .	665	639	656	709	772	816	848	878	895	873	813	732	774	180	1000, 140 fois

Formules de la variation diurne de la fraction de saturation. — GENEVE 1867

Décembre 1866	$H = 853 + 062 \sin(\mu + 241^\circ,8) + 034 \sin(2\mu + 226^\circ,0) + 009 \sin(3\mu + 215^\circ,5)$
Janvier 1867 .	$H = 853 + 045 \sin(\mu + 218,7) + 016 \sin(2\mu + 232,4) + 005 \sin(3\mu + 216,9)$
Février. . . .	$H = 782 + 113 \sin(\mu + 216,8) + 032 \sin(2\mu + 216,2) + 008 \sin(3\mu + 160,7)$
Mars	$H = 830 + 082 \sin(\mu + 227,7) + 020 \sin(2\mu + 215,7) + 005 \sin(3\mu + 270,0)$
Avril	$H = 735 + 148 \sin(\mu + 230,2) + 022 \sin(2\mu + 270,0) + 007 \sin(3\mu + 114,8)$
Mai.	$H = 750 + 160 \sin(\mu + 231,2) + 012 \sin(2\mu + 225,0) + 013 \sin(3\mu + 13,5)$
Juin	$H = 724 + 154 \sin(\mu + 224,9) + 017 \sin(2\mu + 252,6) + 019 \sin(3\mu + 48,2)$
Juillet	$H = 640 + 186 \sin(\mu + 231,0) + 020 \sin(2\mu + 329,5) + 021 \sin(3\mu + 85,8)$
Août	$H = 708 + 192 \sin(\mu + 228,3) + 024 \sin(2\mu + 279,7) + 015 \sin(3\mu + 36,2)$
Septembre . .	$H = 769 + 159 \sin(\mu + 233,2) + 025 \sin(2\mu + 222,6) + 010 \sin(3\mu + 29,1)$
Octobre . . .	$H = 831 + 098 \sin(\mu + 234,5) + 027 \sin(2\mu + 236,9) + 004 \sin(3\mu + 225,0)$
Novembre . .	$H = 814 + 099 \sin(\mu + 226,1) + 026 \sin(2\mu + 217,3) + 007 \sin(3\mu + 204,8)$
Hiver	$H = 831 + 070 \sin(\mu + 224,6) + 027 \sin(2\mu + 223,5) + 007 \sin(3\mu + 200,2)$
Printemps . .	$H = 772 + 129 \sin(\mu + 230,1) + 016 \sin(2\mu + 238,2) + 003 \sin(3\mu + 26,6)$
Été.	$H = 690 + 178 \sin(\mu + 228,2) + 018 \sin(2\mu + 288,7) + 018 \sin(3\mu + 59,3)$
Automne. . .	$H = 805 + 118 \sin(\mu + 231,6) + 026 \sin(2\mu + 225,3) + 000 \sin(3\mu + 315,0)$
Année	$H = 774 + 124 \sin(\mu + 229,3) + 020 \sin(2\mu + 241,7) + 003 \sin(3\mu + 59,0)$

Si l'on compare l'année 1867 avec la moyenne des 20 années 1848-67, on trouve les écarts suivants pour la tension moyenne de la vapeur, pour la fraction moyenne de saturation en millièmes et pour le nombre de cas de saturation.

	ÉCARTS.		
	tension moyenne. mm	fraction de saturation.	cas de saturation.
Décembre 1866 .	+0,66	—019	0
Janvier 1867 . .	+0,22	—009	—12
Février	+1,08	—039	— 9
Mars	+1,07	+069	+15
Avril	+0,44	+027	+ 1
Mai	+0,64	+036	— 1
Juin.	+0,42	+017	0
Juillet	—1,15	—038	— 2
Août	+0,54	0	— 2
Septembre. . . .	+0,94	—010	+ 5
Octobre	—0,92	—006	—12
Novembre. . . .	—0,52	—022	— 6
Hiver	+0,64	—022	—21
Printemps	+0,72	+044	+15
Été	—0,07	—007	— 4
Automne	—0,17	—013	—13
Année.	+0,28	+001	—23

L'hiver et le printemps présentent un excédant considérable dans la tension de la vapeur, malgré cet excédant l'hiver a été en raison de sa chaleur exceptionnelle relativement plus sec que de coutume et les cas de saturation moins fréquents. Le printemps au contraire, dont la température dépasse peu la moyenne a été aussi relativement plus humide, et les cas de saturation plus fréquents que de coutume, cette saison a été également pluvieuse. Les deux autres saisons s'écartent peu de la moyenne. En somme, dans l'année, la tension de la vapeur dépasse la moyenne, tandis que l'humidité relative n'en diffère que d'une quantité insensible, les cas de saturation ont été d'un septième moins fréquents que de coutume.

Vents observés à Genève, dans l'année 1867.

	Décemb. 1866.	Janvier 1867.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Année.
Calme	5	7	2	6	5	10	9	6	12	19	12	5	98
N. . .	24	57	71	110	64	87	140	77	96	98	71	107	1002
NNE .	10	42	24	73	44	22	32	29	31	62	39	129	537
NE. .	7	15	3	3	5	6	5	2	10	5	9	15	85
ENE .	0	1	0	2	1	4	0	0	1	1	2	4	16
E. . .	16	6	6	8	4	11	3	2	3	6	6	7	78
ESE .	6	2	0	1	0	1	0	1	2	0	4	0	17
SE. .	15	5	4	4	2	4	1	2	1	3	12	3	56
SSE. .	14	6	5	4	3	4	1	5	6	6	10	10	74
S. . .	59	38	22	18	20	22	13	23	29	28	44	32	348
SSO. .	97	85	87	45	123	46	48	106	50	38	48	25	798
SO. .	39	46	50	32	57	37	13	26	19	31	30	19	399
OSO. .	3	7	14	10	13	11	8	7	10	4	6	5	98
O . .	14	15	9	16	16	12	14	12	5	7	12	1	133
ONO .	6	3	4	3	3	5	6	5	1	1	3	1	41
NO. .	6	4	5	11	6	3	9	3	6	3	8	2	66
NNO .	3	8	5	7	10	20	15	9	18	10	10	6	121

	RAPPORT. Vents NE. à SO.	RÉSULTANTE. Direction.	RÉSULTANTE. Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Décembre 1866.	0,27	S 71,4 O	17,5	2
Janvier 1867. . .	0,63	S 51,2 O	24,8	3
Février	0,57	S 59,6 O	35,7	1
Mars	1,62	N 17,9 O	38,7	2
Avril	0,52	S 58,7 O	42,7	2
Mai	1,02	N 54,6 O	21,0	4
Juin.	1,87	N 20,6 O	49,2	3
Juillet.	0,63	S 65,7 O	27,1	2
Août	1,25	N 30,0 O	22,3	4
Septembre . . .	1,59	N 11,4 O	29,0	7
Octobre	0,91	S 87,9 O	8,7	4
Novembre. . . .	3,20	N 14,8 E	62,8	2
Année	0,97	N 66,3 O	16,6	3

La comparaison de ces chiffres avec ceux déduits d'une longue série d'années 1847-61 montre une prédominance des vents du midi, surtout dans les mois de décembre, janvier, février, avril et juillet. Si l'on compare la fréquence relative des vents du N., NNE. et NE. avec ceux du S., SSO. et SO., en réduisant les chiffres du tableau précédent se rapportant à 3285 observations au chiffre proportionnel de 1000, on trouve :

	1867.	Moyenne.	1867-Moy.		1867.	Moyenne.	1867-Moy.
N.	305	273	+32	S.	106	116	—10
NNE.	163	216	—53	SSO.	243	194	+49
NE.	26	38	—12	SO.	121	125	— 4
Pour les 3 directions N à NE			—33	Pour les 3 directions S à SO			+35

Malgré cette prédominance des vents soufflant de la région S. à SO. le nombre de jours, où un fort vent du midi a régné pendant toute la journée, a été moindre que de coutume, puisque le chiffre moyen est de 54, tandis que d'après le tableau suivant on n'en compte que 40 en 1867. Le nombre de jours de forte bise a été également au-dessous de la moyenne, 39 au lieu de 45.

	Nombre de jours de	
	forte bise.	fort vent du Midi.
Décembre 1866 . .	0	5
Janvier 1867	3	4
Février.	2	5
Mars	7	1
Avril	3	9
Mai	0	5
Juin	3	2
Juillet	2	4
Août	4	1
Septembre	3	1
Octobre	3	3
Novembre	9	0
Année	39	40

Les vents observés au Saint-Bernard pendant l'année 1867 sont :

	VENTS.			RÉSULTANTE.		
	NE.	SO.	Rapport.	Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Déc. 1866.	237	43	5,51	N 45°E	69,5	19
Janv. 1867.	194	87	2,23	N 45 E	38,4	11
Février . .	219	59	3,71	N 45 E	63,5	11
Mars. . . .	166	92	1,80	N 45 E	26,5	14
Avril . . .	239	63	3,79	N 45 E	65,2	16
Mai	112	132	0,85	S 45 O	7,2	25
Juin. . . .	201	35	5,74	N 45 E	61,5	21
Juillet . . .	169	129	1,31	N 45 E	14,3	8
Août . . .	139	100	1,39	N 45 E	14,0	20
Septembre.	109	123	0,89	S 45 O	5,2	26
Octobre . .	235	126	1,87	N 45 E	39,1	9
Novembre.	250	70	3,57	N 45 E	66,7	9
Année. . .	2270	1059	2,14	N 45 E	36,9	15,8

Ces chiffres montrent que la prédominance des vents du SO. ne s'est pas manifestée dans la station élevée, dans laquelle les vents du NE. ont soufflé au contraire plus fréquemment que de coutume ; en particulier dans les mois de décembre, janvier, février, avril, juillet et octobre, le vent du NE. régnait au Saint-Bernard et le vent du SO. à Genève, le phénomène inverse a eu lieu dans les mois de mai et de septembre, mais avec une intensité beaucoup moins prononcée.

Pluie ou neige, dans l'année 1867.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Nombre d'heures.	Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Nombre d'heures.
Décemb. 1866.	11	66,9	70	5	35,2	49
Janvier 1867 .	19	105,3	141	16	107,4	177
Février	9	40,2	50	9	89,8	75
Mars	20	156,9	140	16	155,0	173
Avril	16	137,1	123	5	159,6	50
Mai	10	118,0	66	8	69,7	54
Juin.	14	63,4	48	14	102,9	70
Juillet.	9	27,5	31	4	53,7	19
Août	8	60,0	34	8	66,5	35
Septembre. . .	7	91,2	50	8	95,4	56
Octobre	17	91,2	83	9	113,9	68
Novembre. . .	4	5,9	13	3	45,3	20
Hiver	39	212,4	261	30	232,4	301
Printemps. . .	46	412,0	329	29	384,3	277
Été	31	150,9	113	26	223,1	124
Automne . . .	28	188,3	146	20	254,6	144
Année.	144	963,6	849	105	1094,4	846

Il est tombé une assez grande quantité de neige, à Genève, pendant le mois de janvier, et le sol a été recouvert de neige pendant plus de quinze jours, tandis que les cinq hivers précédents, elle n'avait pour ainsi dire pas pris pied, fondant en tombant, ou au bout de quelques heures. Dès les premiers jours de ce mois, il en était tombé une petite quantité qui avait rapidement disparu, mais du 13 au 21 il a neigé presque tous les jours, et la hauteur de la couche de neige s'est élevée en somme à 463^{mm}; elle n'a disparu dans la plaine que le 29 de ce mois, à la suite d'une pluie chaude et abondante.

La quantité de neige tombée dans les autres mois est insignifiante, et elle n'est pas restée sur le sol.

La comparaison de l'année 1867 avec la moyenne des 42 années 1826-67 donne les différences suivantes à Genève pour le nombre de jours de pluie, et pour la quantité d'eau tombée.

	Excès sur le nombre de jours de pluie.	Excès sur la quantité d'eau tombée.
		mm
Décembre 1866. . .	+ 2	+ 17,0
Janvier 1867	+ 9	+ 56,4
Février	+ 1	+ 2,6
Mars	+10	+108,4
Avril	+ 5	+ 78,7
Mai	— 2	+ 36,1
Juin	+ 3	— 14,2
Juillet.	0	— 40,0
Août	— 2	— 21,1
Septembre	— 4	— 9,5
Octobre	+ 6	— 6,7
Novembre.	— 6	— 67,9
Hiver	+12	+ 76,0
Printemps.	+13	+223,2
Été	+ 1	— 75,3
Automne	— 4	— 84,1
Année.	+22	+139,8

La première moitié de l'année est ainsi caractérisée par la fréquence et l'abondance de la pluie ; c'est surtout au printemps que ce caractère est prononcé, dans toute la série des 42 années il ne s'en trouve qu'une seule en 1856, où la quantité de pluie tombée dans cette saison ait été supérieure à celle de l'année 1867, le nombre de jours de pluie est le même dans les deux années. Un fait assez remarquable est que le printemps de l'année précédente déjà, avait été exceptionnellement pluvieux ; le mois

de mars en particulier est presque identique dans ces deux années consécutives, quant au nombre de jours de pluie et de la quantité de pluie tombée et l'excédant dépasse très-considérablement celui qui a été observé dans aucune autre année pendant tout ce laps de temps. C'est un exemple frappant d'une anomalie très-prononcée se produisant dans le même sens, deux, ou quelquefois un plus grand nombre d'années consécutives, et pouvant altérer d'une manière très-sensible la moyenne, à moins que l'on ne puisse disposer d'une longue série d'observations. Il est tombé moins d'eau que de coutume dans l'été et dans l'automne de l'année 1867, le nombre de jours de pluie s'écartant peu de la moyenne, mais en somme l'année a été pluvieuse.

J'ai relevé dans le tableau suivant, pour chaque mois, les périodes principales de sécheresse, ou de jours consécutifs sans pluie, et les périodes pluvieuses, ou de jours de pluie consécutifs; je donne également le nombre de jours où la quantité d'eau tombée dans les 24 heures a été faible, au-dessous d'un millimètre, ou très-faible, au-dessous d'un quart de millimètre; enfin la quantité maximum d'eau tombée dans 24 heures, et le nombre de jours où cette quantité a dépassé trois centimètres.

	Périodes de sécheresse.	Périodes pluvieuses.	Pluie dans 24 heures au-dessous de 1mm,0.	Pluie dans 24 heures au-dessous de 0mm,25.	Pluie dans 24 heures maximum.	Pluie dans 24 heures dépassant 3cm
					mm	
Décembre 1866	10 jours (17–26)	5 jours (12–16)	2	–	19,4 le 3	–
Janvier 1867..	3 »	6 » (6–11)	1	–	13,5 le 11	–
Février	8 » (20–27)	3 »	3	2	11,6 le 6	–
Mars	6 » (1– 6)	8 » (7–14)	5	1	30,1 le 27	1
Avril........	5 » (10–14)	7 » (25–1 mai)	2	–	21,6 le 26	–
Mai	11 » (2–12)	4 » (13–16)	1	–	22,9 le 14	–
Juin	6 » (8–13)	5 » (23–27)	6	2	17,5 le 23	–
Juillet.......	7 » (5–11 et 16–22)	2 »	2	1	8,4 le 12	–
Août	18 » (5–22)	3 »	–	–	29,8 le 23	–
Septembre....	12 » (29 août– 9)	3 »	1	–	35,8 le 15	1
Octobre......	3 »	6 » (15–20)	5	3	16,0 le 8	–
Novembre	10 » (3–12)	2 »	2	–	2,7 le 13	–
Année	18 jours	8 jours	30	9	35,8 le 15 sept.	2

Il n'y a pas eu ainsi de longues périodes de sécheresse, le plus grand intervalle sans pluie ayant été de 18 jours au mois d'août, on trouve par contre d'assez longues périodes de jours consécutifs de pluie, la plus longue de 8 jours au mois de mars. Sur les 144 jours de pluie de l'année il s'en trouve 30, où il n'est tombé qu'une faible quantité d'eau, au-dessous d'un millimètre, et 9 où la quantité était insignifiante, au-dessous d'un quart de millimètre. Malgré le caractère pluvieux de l'année, la quantité maximum d'eau tombée dans 24 heures n'a atteint dans aucun mois un chiffre bien élevé; le chiffre le plus élevé noté au mois de septembre étant fort au-dessous du maximum moyen, il n'y a eu que deux jours dans l'année où la quantité de pluie tombée dans 24 heures ait dépassé trois centimètres.

J'ai formé, comme pour les années précédentes, le tableau suivant qui fait ressortir d'une manière plus claire, à quelques égards, la distribution de la pluie. Ce tableau fait connaître, pour les deux stations, la durée relative de la pluie, obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie, par mois, par saison, et pour l'année, par le nombre total d'heures contenues dans chaque période; le nombre moyen d'heures pendant lequel il a plu un jour de pluie, enfin la quantité moyenne d'eau tombée dans une heure.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.
			mm			mm
Déc. 1866.	0,095	6,36	0,96	0,066	9,80	0,72
Janv. 1867.	0,190	7,42	0,75	0,238	11,06	0,61
Février. . .	0,074	5,56	0,80	0,112	8,33	1,20
Mars. . . .	0,188	7,00	1,12	0,233	10,62	0,90
Avril. . . .	0,171	7,69	1,11	0,069	10,00	3,19
Mai	0,089	6,60	1,79	0,073	6,75	1,29
Juin	0,067	3,43	1,32	0,097	5,00	1,47
Juillet . . .	0,042	3,44	0,89	0,026	4,75	2,83
Août. . . .	0,046	4,25	1,76	0,047	4,37	1,90
Septembre.	0,069	7,14	1,82	0,078	7,00	1,70
Octobre . .	0,112	4,88	1,10	0,091	7,56	1,67
Novembre .	0,018	3,25	0,45	0,028	6,67	2,26
Hiver. . . .	0,121	6,69	0,81	0,139	10,03	0,77
Printemps .	0,149	7,15	1,25	0,125	9,55	1,39
Été	0,051	3,65	1,34	0,056	4,77	1,80
Automne. .	0,067	5,21	1,29	0,066	7,20	1,77
Année . . .	0,097	5,90	1,13	0,097	8,06	1,29

La quantité d'eau tombée au Saint-Bernard en 1867 est restée notablement au-dessous de la moyenne, surtout en hiver et en automne, et la hauteur de la neige tombée a été également bien plus faible que de coutume.

Hauteur de la neige tombée au Saint-Bernard dans les différents mois de 1867.

	millimètres.
Décembre 1866. . . .	470
Janvier 1867	1450
Février.	860
Mars	1690
Avril	380
Mai.	110
Juin	20
Juillet.	0
Août	0
Septembre	0
Octobre.	530
Novembre	240
Année	5750

Le nombre de jours où l'on a entendu le tonnerre à Genève dans l'année 1867 s'élève à 25, répartis comme suit; les détails sur les orages se trouvent dans les tableaux mensuels.

	Jours de tonnerre à Genève.	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1866. . . .	0	0
Janvier 1867.	1	2
Février	0	0
Mars	0	0
Avril	2	2
Mai	5	0
Juin	5	1
Juillet	3	2
Août.	7	1
Septembre	2	3
Octobre.	0	0
Novembre.	0	0
Année.	25	11

Voici, enfin, le nombre des jours, où l'on a observé des halos, ou des couronnes, autour du soleil ou autour de la lune; les détails sur ces phénomènes se trouvent également dans les tableaux mensuels.

	Halo solaire.	Couronne solaire.	Halo lunaire.	Couronne lunaire.
Décembre 1866. .	1	0	1	1
Janvier 1867 . . .	1	0	0	2
Février	2	0	2	7
Mars	3	0	1	5
Avril	9	0	1	4
Mai	4	0	1	5
Juin.	0	0	0	2
Juillet.	3	0	0	1
Août	0	1	0	1
Septembre.	1	0	1	2
Octobre	1	0	1	4
Novembre	1	0	0	5
Année.	26	1	8	39

État du ciel.

D'après la notation adoptée, la portion du ciel couverte par des nuages est exprimée en dixièmes, 0,0 représentant un ciel parfaitement clair, et 1,0 un ciel entièrement couvert. Un jour est rangé dans la catégorie des jours clairs, peu nuageux, très-nuageux ou couverts, selon que la clarté moyenne déduite des neuf observations diurnes est comprise entre les limites respectives de 0,0 et 0,25; 0,25 et 0,50; 0,50 et 0,75; 0,75 et 1,00.

On trouve, pour l'année 1867, les nombres suivants pour ces différentes catégories et pour la clarté moyenne du ciel, soit à Genève, soit au Saint-Bernard:

	GENÈVE.					SAINT-BERNARD.				
	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours couverts.	Clarté moyenne.	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours couverts.	Clarté moyenne.
Déc. 1866.	3	6	3	19	0,72	14	2	7	8	0,44
Janv. 1867.	1	0	6	24	0,85	3	4	7	17	0,70
Février. . .	4	5	7	12	0,63	8	1	4	15	0,65
Mars	0	4	4	23	0,81	4	3	4	20	0,74
Avril	2	6	7	15	0,68	5	5	6	14	0,64
Mai.	9	5	6	11	0,51	8	6	7	10	0,54
Juin	9	4	7	10	0,52	6	3	4	17	0,65
Juillet . . .	7	11	6	7	0,47	5	9	8	9	0,53
Août	10	4	8	9	0,47	8	2	5	16	0,63
Septembre.	11	5	8	6	0,43	11	4	4	11	0,52
Octobre . .	4	2	5	20	0,74	6	2	2	21	0,70
Novembre .	10	5	8	7	0,48	17	3	2	8	0,36
Hiver. . . .	8	11	16	55	0,735	25	7	18	40	0,595
Printemps .	11	15	17	49	0,664	17	14	17	44	0,639
Été.	26	19	21	26	0,488	19	14	17	42	0,604
Automne. .	25	12	21	33	0,555	34	9	8	40	0,528
Année . . .	70	57	75	163	0,610	95	44	60	166	0,592

A Genève, l'hiver a été un peu plus clair que de coutume, et la contradiction avec le caractère pluvieux de cette saison, d'où l'on aurait pu inférer un résultat contraire, s'explique par la beaucoup moins grande fréquence du brouillard. Le printemps par contre a été beaucoup plus nuageux que de coutume, l'été s'écarte peu de la moyenne, mais en automne le ciel a été notablement plus clair que d'après la moyenne.

	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1866. . .	6	3	9
Janvier 1867	1	3	4
Février.	0	5	5
Mars.	0	3	3
Avril.	0	0	0
Mai	0	0	0
Juin	0	0	0
Juillet	0	0	0
Août	0	0	0
Septembre	0	1	1
Octobre	0	4	4
Novembre	0	1	1
Année	7	20	27

SUR LA

CORRESPONDANCE ENTRE LES VARIATIONS MAGNÉTIQUES

ET

CELLES DES COURANTS ÉLECTRIQUES TERRESTRES[1]

(*Extrait d'une lettre de M. Airy à M. le prof. A. de la Rive.*)

Il est impossible, dit M. Airy, de voir les courbes qui sont engendrées par les deux genres d'appareils enregistreurs sans être frappé de leur concordance générale; cela est surtout vrai pour celles qui montrent les irrégularités qu'éprouve la force magnétique nord. Il est cependant quelques points moins importants dans lesquels il y a désaccord; ces points sont aussi bien généraux que spéciaux; ils méritent qu'on les examine avec attention.

L'observation qui a le plus de portée est que les irrégularités observées dans les courbes auxquelles donnent naissance les courants électriques sont plus nombreuses que celles qu'engendrent les appareils magnétiques. L'au-

[1] La lettre que j'ai reçue de M. Airy renferme, accompagnées de quelques détails explicatifs, les conclusions du mémoire du savant astronome royal qui va paraître dans le volume des *Transactions Philosophiques* actuellement sous presse. Ce mémoire a pour titre : *Comparaison des perturbations magnétiques accusées par les magnétomètres enregistreurs et les perturbations magnétiques déduites des observations correspondantes des courants électriques terrestres accusés par les galvanomètres enregistreurs*. Ce sont ces conclusions qui font l'objet de cet article ; j'y ai joint seulement quelques notes explicatives.

(A. D. L. R.)

teur ignore si cette différence provient de la nature ou de l'origine même des courants, ou si elle doit être attribuée à ce que les appareils magnétiques sont moins sensibles que les électriques.

Une seconde remarque, c'est que les irrégularités dans la courbe des courants électriques précèdent presque toujours celles qu'accuse la courbe tracée par les magnétomètres. Ces intervalles de temps sont parfaitement certains. Il y a cependant quelques exemples du cas contraire, c'est-à-dire dans lesquels les mouvements irréguliers du galvanomètre ont suivi les mouvements correspondants des magnétomètres, et un plus grand nombre, particulièrement s'il s'agit de la force nord, dans lesquels la coïncidence des mouvements est parfaite. Mais le cas de beaucoup le plus fréquent est celui dans lequel les irrégularités galvanométriques précèdent celles des magnétomètres. Il est arrivé quelquefois (en particulier pour la force ouest, le 4 octobre 1866, à 9 heures 40 minutes) que l'avance du galvanomètre sur le magnétomètre est d'une demi-heure.

On observe dans quelques cas que les proportions des élévations et des dépressions ne sont pas les mêmes dans les deux systèmes de courbes; cette différence est plus sensible pour la force ouest que pour la force nord. Le 7 juin 1867, on remarque une saillie considérable de la courbe galvanométrique pour la force ouest. M. Glaisher a donné de ce fait une explication que M. Airy regarde comme juste, c'est que les circuits ayant été interrompus momentanément, les fils conducteurs avaient probablement pris une charge provenant de l'accumulation de l'électricité; ce qui avait produit un mouvement plus considérable au moment où les circuits avaient été rétablis.

Quelques autres discordances accidentelles sont faciles à expliquer en tenant compte soit de l'avance ordinaire des mouvements galvanométriques sur les mouvements magnétométriques, soit de l'inégalité dans les saillies et les dépressions des deux courbes.

Après un examen attentif de tous les points que nous venons de signaler, il n'en est pas moins impossible, quand on voit les coïncidences des deux systèmes de courbes, de se refuser à admettre la conclusion que les perturbations magnétiques sont produites par des courants électriques terrestres, qui circulent au-dessous des aimants. Il reste cependant encore quelques points à éclaircir avant de pouvoir établir que les courants électriques, tels que nous les observons, peuvent rendre compte de tous les mouvements que présentent les magnétomètres, autres que ceux qui proviennent des perturbations irrégulières.

Un point d'une assez grande importance est la relation des nouvelles courbes à leurs zéros. Il semblerait résulter de l'inspection générale de ces courbes que dans les jours d'orage magnétique la force nord, telle qu'elle est accusée par les courants électriques, éprouve une augmentation totale, tandis que les résultats donnés par le magnétomètre (du moins dans l'Observatoire de Greenwich) indiquent dans les mêmes circonstances une diminution. M. Airy dit qu'il ne peut pour le moment expliquer cette différence[1].

[1] Pour bien comprendre ce point, il est, je crois, nécessaire de recourir aux explications que M. Airy a bien voulu me fournir sur ma demande, et que j'ai rapportées plus loin en les accompagnant de quelques observations sur le fond même de la question.

(A. D. L. R.)

Les autres discordances, en ce qui concerne le temps et les mesures, tiennent probablement, suivant M. Airy, à ce que le fil dirigé sur Croydon est entièrement au sud-ouest de l'Observatoire de Greenwich, tandis que celui de Dartford est entièrement au sud-est. Il est probable que les courants électriques qui partent par ces fils sont une dérivation de ceux qui circulent plutôt aux lieux situés près du milieu de chacune des lignes droites qui unissent l'Observatoire respectivement avec Croydon et Dartford, que dans l'endroit même où est placé l'Observatoire. C'est une question de savoir si, pour la continuation des observations, il ne vaudrait pas mieux réduire considérablement la longueur des fils, et faire arriver leurs extrémités à des points tels que les appareils enregistreurs se trouvassent situés au milieu même de leur longueur.

Pour le moment on ne peut encore se prononcer sur la question de savoir si l'observation des courants électriques terrestres peut jeter du jour sur l'origine des variations diurnes régulières des éléments magnétiques. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'elle ne peut expliquer la cause même du magnétisme terrestre, et qu'en particulier l'étude des courants électriques terrestres ne confirme nullement l'hypothèse d'Ampère soutenue par Barlow, qui attribuait le magnétisme à des courants électriques circulant autour de la terre de l'est à l'ouest.

Observations sur la notice qui précède.

Comme je l'ai dit plus haut, M. Airy a bien voulu me donner quelques détails explicatifs en addition aux conclusions de son travail que je viens de transcrire.

La force nord dont il est question dans ces conclusions

est la composante dans la direction du méridien magnétique d'une force étrangère à celle qui maintient l'aiguille dans ce méridien ; force dont l'autre composante perpendiculaire à ce méridien, est la force ouest dont il est aussi question. L'amplitude variable de cette force ou composante nord est accusée par la courbe que donne le magnétomètre bifilaire muni d'un appareil enregistreur. Les variations de la force ou de la composante ouest sont indiquées par la courbe que trace photographiquement aussi le magnétomètre libre ou de déclinaison ; car ces variations se manifestent par des déviations plus ou moins considérables du pôle nord de l'aimant à l'ouest.

Les indications des appareils galvanométriques sont tout autres. Nous pouvons mesurer les intensités des courants électriques terrestres dans deux directions, et nous pouvons, par la formule de la décomposition des forces, regarder ces directions comme étant : une celle de l'est à l'ouest et l'autre celle du nord au sud, et déterminer même les intensités respectives de ces deux courants composants. D'après les lois de l'électrodynamique, nous savons que le courant électrique dirigé de l'est à l'ouest produit une force magnétique nord, et celui dirigé du nord au sud une force magnétique ouest. On peut ainsi comparer ces forces avec les forces correspondantes accusées par les magnétomètres, et c'est cette comparaison qui est l'objet même du travail de M. Airy.

Ceci dit, M. Airy entre dans quelques détails sur le rapport des courbes de la force nord, telles que les donnent les appareils galvanométriques avec leurs zéros, et sur la discordance apparente qui en résulte dans les orages magnétiques. Dans un mémoire précédent, inséré dans les Transactions philosophiques de 1863, le savant astro-

nome royal avait conclu de cent soixante-dix-sept observations d'orages magnétiques que la force magnétique nord éprouve une diminution pendant ces orages. Dans son dernier travail il a pu déterminer le changement que devait produire dans cette force magnétique nord les courants électriques terrestres ; il s'attendait à trouver qu'ils devaient la diminuer en totalité ; mais il a trouvé qu'en réalité elle est augmentée. Il lui est facile de savoir ce que doit être la force magnétique nord quand il n'y aurait pas de courant terrestre, puisqu'en interrompant le circuit du galvanomètre, il obtient le zéro absolu qui est le point de départ de la mesure du courant terrestre, et qu'il peut ainsi calculer l'effet de ce courant. Il a donc trouvé que cette force magnétique nord telle qu'elle est quand il n'y a pas de courants électriques qui la modifient, doit être augmentée et non diminuée par l'effet de ces courants pendant les orages magnétiques, tandis que l'observation directe lui avait montré qu'elle était diminuée.

Il y a sans doute quelque élément qui a échappé à M. Airy dans l'interprétation de ses résultats pour qu'il ait été conduit à admettre une augmentation au lieu d'une diminution dans la force magnétique nord pendant les orages magnétiques. Il me semble, en effet, que l'observation directe qui lui donne une diminution est bien plus d'accord avec le fait que c'est un courant électrique terrestre dirigé du nord au sud, et par conséquent portant le pôle nord de l'aiguille à l'ouest, qui donne lieu aux grandes perturbations. Ne serait-il point possible que dans ces perturbations il y eût d'autres courants terrestres accidentels qui, accusés par le galvanomètre, conduiraient à des conclusions qui ne seraient pas exactes. C'est un point que M. Airy se propose d'éclaircir.

Quoi qu'il en soit, M. Airy a établi un point très-important, c'est l'accord qui existe pendant les perturbations magnétiques entre les mouvements des magnétomètres et ceux des galvanomètres qui servent à percevoir les courants électriques terrestres; accord qui le conduit à la conclusion forcée que les premiers sont dus à l'action de ces courants terrestres. Il m'est permis de rappeler que j'étais déjà arrivé à cette même conclusion[1] que viennent renforcer les observations nouvelles et aussi exactes que nombreuses, de M. Airy.

A. D. L. R.

[1] Voyez *Traité d'Électricité*, par M. A. de la Rive, tome III, p. 279 et 280.

CHRISTIAN-FRÉDÉRIC SCHOENBEIN

La mort de C.-F. Schœnbein a eu un triste retentissement dans le monde savant et particulièrement en Suisse. Nous ne saurions mieux remplir le douloureux devoir de retracer dans ce recueil la vie de cet homme éminent, qu'en empruntant les pages suivantes à une notice publiée dans les *Basler Nachrichten* [1], et due, si nous ne nous trompons pas, à la plume du professeur E. Hagenbach.

La dépouille mortelle de Christian-Frédéric Schœnbein vient d'être portée à sa dernière demeure. Il a été si rapidement arraché à une vie pleine d'activité, si brusquement emporté, que nous pouvons à peine nous figurer qu'il ait cessé d'être au milieu de nous. Aussi les lignes que nous lui consacrons ici ne peuvent être que l'expression de quelques-uns des sentiments réveillés en nous par la perte de cet homme si aimé : l'appréciation complète de sa carrière scientifique ne peut être donnée en quelques traits rapides.

Schœnbein naquit le 18 octobre 1799 à Metzingen en Souabe. Ses parents lui donnèrent une éducation simple et pieuse. Il quitta la maison paternelle déjà à l'âge de quatorze ans pour entrer dans une fabrique de produits chimiques ; mais cette carrière pratique ne pouvait pas lui suffire, elle ne devait qu'éveiller en lui une soif

[1] Numéros des 3, 4 et 5 septembre 1868.

ardente pour les études plus élevées de la chimie. Il put suivre l'école de latin et alla ensuite aux universités de Tubingen et d'Erlangen. Lorsqu'il eut terminé ses études universitaires il enseigna quelque temps la chimie et la physique dans une école de Keilhau, près de Rudolstadt : puis il poursuivit son développement scientifique en Angleterre et en France, et enfin se rendit à Bâle, comme professeur de physique et de chimie, en 1828. Cet enseignement était précédemment confié à M. le Conseiller Peter Merian, qui poursuit encore aujourd'hui son active carrière parmi nous ; une maladie l'avait forcé d'interrompre ses cours par lesquels il avait réussi à ramener la faveur sur ces sciences, jadis si brillamment représentées à Bâle par des hommes tels que Jacob et Daniel Bernoulli.

Ce fut en 1835 que Schœnbein fut nommé professeur ordinaire de physique et de chimie à Bâle, et il remplit ces fonctions sans interruption jusqu'à sa mort, avec la seule différence que, depuis 1852, la chaire de physique et de chimie fut divisée en deux chaires distinctes, et qu'il garda celle de chimie. Ainsi Schœnbein a professé dans notre université près de quarante années, et pendant ce temps il n'a quitté Bâle que momentanément ; ses deux plus grands voyages, l'un en Angleterre, l'autre en Allemagne, sont bien connus par les descriptions qu'il en a publiées, et auxquelles le mélange de sérieux, de humour, de considérations scientifiques et d'aventures donnent un charme tout particulier.

Schœnbein s'était marié dans l'année 1835 ; le bonheur qu'il trouva dans la vie de famille fut malheureusement troublé par la mort subite de sa fille aînée en 1859, événement qui ébranla cruellement lui et les siens.

L'activité de Schœnbein était tout entière consacrée à

la science, et il resta toujours fidèle aux conseils de son maître à Erlangen, le célèbre philosophe Schelling, qui lui avait appris à « regarder la science comme sa fiancée ! » Aussi toutes ses facultés, tous ses efforts ont tendu constamment à se rapprocher chaque jour plus de la vérité scientifique, et à pénétrer toujours plus profondément dans le jeu mystérieux des forces qui régissent les changements de la nature matérielle des corps. Schœnbein travaillait toute la journée avec une ardeur et un entrain infatigables, et quand on s'étonnait de le voir, dans un âge déjà avancé, employer tout son temps à ses expériences et se rendre, même en hiver, de grand matin à son laboratoire, il avait coutume de répondre avec sa figure riante, qu'il savait bien qu'il ne lui restait que peu de temps pour travailler, et qu'il avait encore beaucoup de filasse sur sa quenouille (*Werch an der Kunkel*).

Schœnbein conserva jusqu'à la fin toute la fraîcheur de ses facultés ainsi que l'enthousiasme juvénile avec lequel il faisait part de ses découvertes à ses collègues et au monde scientifique.

Parmi les travaux de Schœnbein, nous mentionnerons d'abord ceux qui se rapportent à des sujets qui ne sont tout à fait, ni du ressort de la physique, ni de celui de la chimie, ou plutôt qui appartiennent à toutes deux. Citons ses recherches sur la passivité du fer et de quelques autres métaux; puis les changements de couleurs des corps sous l'influence de la température; l'action chimique des rayons lumineux, et enfin, la théorie de l'électricité voltaïque. Dans ce dernier domaine, Schœnbein a apporté beaucoup de clarté dans le débat bien connu de la théorie du contact et de la théorie chimique, en étudiant avec impartialité les deux opinions opposées et dé-

montrant en quoi elles étaient fautives. Il attribuait l'origine de l'électricité voltaïque à l'affinité chimique, mais cependant il établissait une différence positive entre le développement de l'électricité dans la pile ouverte, et la production du courant et la décomposition chimique qui se manifeste lorsque le circuit est fermé.

Ses travaux sur le courant voltaïque datent surtout de 1836 à 1840 ; depuis cette époque ses vues sur l'origine du courant voltaïque ont été de plus en plus admises par les physiciens. Schœnbein fit en 1839 en Angleterre, à la réunion des sciences naturelles, la connaissance du célèbre avocat et savant anglais Grove. Celui-ci avait présenté à la séance un petit appareil voltaïque qui avait été construit à l'aide de têtes de pipes d'argile; ce fut là la première annonce de la célèbre pile constante qui porte le nom de son inventeur. Comme Schœnbein s'était occupé de sujets semblables, on vit bientôt les deux savants se réunir pour poursuivre ces recherches en commun. Ils firent construire une de ces piles sur une grande échelle, et obtinrent ainsi un appareil qui, relativement à ses petites dimensions, produisait une force extraordinaire pour cette époque. C'est le cabinet de physique de Bâle qui possède cette première grande pile constante à acide nitrique, souvenir à la fois de Schœnbein et de Henri Heussler, un ami des sciences qui nous a aussi été enlevé, et qui l'avait fait construire et donnée à notre académie. La possession de cet appareil fut pour Schœnbein l'occasion de reprendre avec une énergie nouvelle ses recherches sur les rapports de l'électricité et de la force chimique. Grâce à cette pile, il devint possible de décomposer l'eau en ses éléments en plus grande quantité qu'on n'avait pu le faire encore ; c'est pendant une expé-

rience de ce genre que Schönbein aperçut dans l'automne de 1839 une odeur particulière que présentait l'oxygène obtenu par la décomposition voltaïque de l'eau, odeur identique à celle qui se produit lorsqu'une grande machine éléctrique est mise en activité, ou quand la foudre tombe. Cette odeur fut d'abord attribuée à une nouvelle substance qui aurait été mêlée à l'oxygène en petite quantité. Ce corps particulier devait recevoir un nom et après avoir consulté son collègue M. W. Vischer, Schönbein lui donna celui d'ozone [1].

Sa première publication de la découverte de l'ozone préoccupa peu le monde savant. Mais Schœnbein ne se laissa pas rebuter : il continua ses expériences sur ce sujet avec une persistance qui se rencontre seulement chez ceux que possède complétement une idée. Il a poursuivi pendant ce qu'on peut bien appeler une vie d'homme (29 ans) le même but, l'étude des propriétés chimiques de l'oxygène, l'élément le plus important de notre globe.

A la suite, soit de ses propres recherches, soit de celles d'autres savants, Schœnbein avait bientôt renoncé à admettre que l'ozone fût une substance élémentaire. Il reconnut dans cette substance un état particulier de l'oxygène, doué de certaines propriétés toutes spéciales. Nous ne pouvons énumérer ici les nombreuses découvertes se rattachant à ce sujet, et encore moins retracer les pas importants qu'elles ont fait faire dans le domaine de la chimie et de la physiologie ; nous nous bornerons à faire remarquer que Schœnbein a beaucoup contribué à élargir le champ de la science dans cette direc-

[1] D'après la prononciation grecque, c'est la première syllabe de ce mot qui doit être accentuée, mais Schœnbein accentuait toujours la seconde, et cette prononciation s'est répandue dans toute l'Allemagne.

tion, et de même que l'on n'effaçera jamais de l'histoire de la chimie les noms de Priestley, Scheele, Lavoisier qui ont découvert l'oxygène ou étudié les premiers ses propriétés, de même le nom de Schœnbein sera toujours cité lorsqu'on parlera des formes diverses que revêt cet élément et de l'action variée qu'il exerce sur les corps organiques ou inorganiques.

Parmi les découvertes qui ont fait connaître Schœnbein, même en dehors du monde scientifique, il faut citer celle du coton-poudre. Cette substance n'était pas destinée à servir aux haines des hommes et à jouer le rôle guerrier que semble indiquer son nom. La découverte de Schœnbein a rendu des services plus pacifiques : la dissolution du coton-poudre dans l'éther, le collodium, sert comme pansement pour les blessures, et forme un ingrédient précieux pour la photographie. Les premières expériences de l'emploi du collodium dans un but médical, furent faites à l'instigation de Schœnbein, par son ami le Dr Yung, à l'hôpital de Bâle [1].

[1] Nous citerons ici quelques-unes des paroles que M. Dumas a prononcées à l'Académie de Paris, en annonçant la mort de Schœnbein. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 21 septembre 1868.)

« Le coton-poudre, l'ozone, sont des découvertes qui ont rendu populaire le nom de M. Schœnbein ; chacun a pu en apprécier le caractère original.

« Mais la formation presque universelle de l'eau oxygénée dans toutes les oxydations lentes, opérées en présence de l'eau, soit dans les expériences de laboratoire, soit dans les phénomènes naturels les plus communs, a excité la plus profonde surprise parmi les chimistes. En effet, ce composé dont personne n'avait soupçonné l'existence, que Thenard avait eu tant de peine à caractériser, qu'il n'avait pu isoler qu'au moyen des précautions les plus exceptionnelles, qui à peine formé se détruit ; ce corps, M. Schœnbein l'a prouvé, prend sans cesse naissance autour de nous, en quantités infiniment petites, il est vrai, mais incontestablement mises en évidence par des réac-

Les difficultés que Schœnbein avait trouvé à faire accepter ses idées au début, furent compensées plus tard par l'assentiment qu'elles finirent par rencontrer de toute part. Les savants les plus distingués d'Allemagne, de France et d'Angleterre ont accepté ses vues essentielles, et plusieurs sociétés savantes, entre autres les Académies de Paris et celle de Munich, l'ont nommé membre correspondant.

La manière de travailler de Schœnbein mérite d'être signalée ici. Quelque grands que soient les résultats auxquels il est parvenu, les moyens qu'il a employés pour les obtenir sont extrêmement simples. Il n'y a pas de doute que les grands progrès faits par la science moderne pour la construction d'appareils et d'instruments, n'ait eu une influence considérable sur ses progrès ; mais les recherches de Schœnbein nous ont montré ce qu'on peut faire même sans ces moyens perfectionnés.

Schœnbein était constamment pénétré et absorbé par

tions aussi élégantes qu'exactes. Partout où un métal s'oxyde, où une matière organique éprouve la combustion lente, l'eau oxygénée se produit.

« Parmi les derniers travaux de M. Schœnbein, il suffira de citer l'expérience si digne de méditation à l'aide de laquelle il montre que le ruthénium en éponge, détermine comme la lumière, mais plus rapidement, la décomposition de l'eau par le chlore, le dégagement de l'oxygène et la formation de l'acide chlorhydrique. Le ruthénium en éponge agit de la même manière que la chaleur rouge. Il n'absorbe ni ne cède rien, et l'action est si rapide, qu'un tube contenant du ruthénium en éponge qui serait traversé par une solution de chlore rendrait à son extrémité, de l'oxygène et une solution d'acide chlorhydrique. Les amis de M. Schœnbein avaient le droit et avaient pris l'habitude de lui demander, lorsque l'occasion de le rencontrer se présentait, non pas : « Qu'avez-vous fait de nouveau ? » mais : « Qu'a-« vez-vous d'étonnant à nous dire ? » car il semblait fait pour donner un corps aux rêves de la science. » (*Réd.*)

ses idées, et consacrait tout son temps à ses propres recherches. Ce travail incessant d'invention rendait impossible qu'il eût au même degré les qualités d'un érudit. Sans doute il suivait les progrès de la chimie dans les parties dont il ne s'occupait pas spécialement, mais il ne lui était pas toujours possible d'y apporter une attention complète. Il n'était pas d'accord avec les vues et les méthodes de plusieurs chimistes actuels; il comparait souvent la production de combinaisons toujours variées avec la rotation d'un caleïdoscope, donnant constamment de nouvelles images, amusantes sans doute, mais ne nous apportant pas grande lumière. Il comparait souvent aussi les phénomènes chimiques avec une pièce de théâtre, dans laquelle beaucoup de chimistes, disait-il, ne voient que le dénoûment du dernier acte, tandis que souvent c'est le développement du drame qui est le plus intéressant.

Dans le jugement qu'il portait sur les idées des autres savants, Schœnbein peut avoir été parfois un peu aveuglé. La vivacité de son esprit lui faisait souvent trop fortement apercevoir les inconvénients et les défauts, et la préoccupation de ses propres idées ne lui laissait pas le temps de réfléchir avec calme et impartialité aux conceptions des autres.

Son activité, comme professeur, restera comme un précieux souvenir pour beaucoup de personnes. Il ressort clairement de ce que nous avons dit sur sa manière de travailler, que sa spécialité n'était pas d'exposer l'état actuel de la science et d'en faire ressortir les divers points de vues sous une forme également travaillée. Ce qui était le plus remarquable dans ses cours, c'était la conviction pleine de chaleur et de clarté avec laquelle il

parlait, aussitôt qu'il traitait de l'un de ses sujets favoris; c'était non-seulement l'instruction, mais encore l'amour de la science qu'il donnait ainsi à ses élèves; bon nombre d'entre eux lui en seront toujours reconnaissants.

Schœnbein ne borna pas son enseignement aux cours de l'Université : il sut faire participer les autres à ses connaissances de bien d'autres manières.

Avant tout nous devons parler de l'activité qu'il apportait dans la Société des Sciences naturelles de Bâle, dont il a été un membre actif pendant quarante ans; il la considérait comme « son meilleur ami, » auquel il faisait toujours immédiatement part de ses meilleures découvertes; les comptes rendus de cette société donnent la série entière de ses travaux scientifiques.—La Société helvétique des Sciences naturelles perd en lui un de ses membres les plus zélés et les plus réguliers; il a presque toujours animé les séances de la section de physique par d'intéressantes communications; et cette année à la session d'Einsiedeln, son absence fut déjà vivement ressentie; la société se sentit pressée du besoin de lui transmettre par le télégraphe un salut amical, qui le trouva couché sur son lit de maladie, bientôt devenu son lit de mort. — Tous les Bâlois qui s'intéressent aux sciences, ont entendu les conférences remarquables que Schœnbein adressait au grand public; déjà anciennement il avait fait des cours entiers, et dans ces dernières années il ne se refusa pas à partager les efforts de jeunes gens, pour l'organisation de cours populaires publics. Mais son activité d'enseignement s'étendait aussi au dehors des salles des cours : qu'on le rencontrât en société, dans la rue, à la brasserie même, partout il savait donner à la conversation un tour scientifique,

sans toutefois jamais prendre le ton pédant d'un maître d'école [1].

Schœnbein savait gagner tous les cœurs par ses qualités aimables, et il comptait un grand nombre d'amis. Mais ses nombreuses relations ne l'empêchaient pas de contracter des amitiés étroites auxquelles il resta fidèle pendant toute sa vie; il était intimement lié avec quelques collègues, dont plusieurs l'ont précédé dans la tombe; les plus jeunes de ses confrères sentaient que ce n'était pas seulement de la bienveillance, mais une vraie amitié qui l'attachait à eux. Parmi les savants étrangers avec lesquels il était le plus lié et entretenait une correspondance régulière, nous citerons Faraday, Grove, Liebig, Wöhler, Eisenlohr, Pettenkofer, Sainte-Claire Deville, Scoutetten de Metz, auteur d'un ouvrage sur l'ozone très-répandu en France.

Les réunions de la Société helvétique lui fournissaient l'occasion d'entretenir des rapports avec les savants de la Suisse. Il était particulièrement en relation avec MM. Escher, Studer, de la Rive, Pictet, Heer, Desor, Lang et beaucoup de jeunes savants qui jouissaient aussi de son amitié.

Si nous devions résumer en un mot le caractère de Schœnbein, nous verrions qu'à tous les points de vue, il représentait une personnalité particulièrement développée; c'était un *original* dans le meilleur sens du mot, et de tels hommes méritent d'autant plus d'être appréciés, qu'ils deviennent toujours plus rares dans notre époque de nivel-

[1] Nous retranchons de la fin de cette notice plusieurs passages relatifs au rôle que Schœnbein a joué à Bâle dans les affaires publiques, à son goût pour les arts, à ses convictions religieuses et politiques, etc. (*Réd.*)

lement universel. Schœnbein était un homme complet, non-seulement parce qu'une idée principale, l'amour de la science, dominait toute sa vie, mais encore parce que toutes ses autres facultés avaient reçu un entier et vigoureux développement.

La santé de Schœnbein était en général bonne et robuste; il était endurci contre les influences extérieures; il y a peu de temps encore, il travaillait au milieu de l'hiver dans un laboratoire non chauffé. Depuis quelques années il souffrait de temps en temps d'attaques de goutte; cependant il s'en remettait toujours complétement. Il avait fait pour ce motif, pendant les vacances de cet été, une cure à Wildbad qui devait le fortifier pour l'hiver prochain. En revenant, il s'était arrêté à Sauersberg, près de Baden-Baden, chez un ami; là il eut un abcès au cou qui dégénéra rapidement en un anthrax dangereux; son retour chez lui devint impossible. Les plus grands soins et les secours médicaux ne purent arrêter la marche de ce terrible mal; et le 29 août, il mourut doucement dans la maison de son hôte.

Ses obsèques eurent lieu à Bâle, le 2 septembre. Le deuil était conduit par quelques-uns de ses amis, entre autres par son cher Eisenlohr, qui l'avait visité à son lit de mort. Un long cortége de collègues, d'élèves, de relations, d'admirateurs, l'accompagna avec émotion à sa dernière demeure.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

G. MAGNUS. UEBER DIE DIATHERMANSIE... SUR LA DIATHERMANSIE DE LA SYLVINE. (*Poggendorffs Annalen*, 1868, n° 6.)

On sait que le sel gemme présente plus que tous les autres corps la propriété de se laisser traverser par la chaleur. Melloni, qui le premier a observé ce fait, a trouvé qu'une plaque de sel gemme parfaitement pure de 2^{mm}.7 d'épaisseur, transmet 92,3 pour cent de la chaleur incidente. Une autre particularité, également remarquable de cette substance, consiste en ce qu'elle laisse passer la même proportion de chaleur provenant de sources différentes, telles qu'une flamme ou un vase rempli d'eau bouillante, tandis que toutes les autres substances présentent à cet égard des différences considérables; ainsi par exemple, d'après les données de Melloni[1], le verre transmet 39 pour cent de la chaleur émanant d'une lampe, tandis qu'il arrête complétement celle provenant d'un vase rempli d'eau bouillante. La cause de cette propriété particulière du sel gemme est d'autant plus mystérieuse que jusqu'ici on ne connaît pas d'autre substance qui se comporte de la même manière.

Le chlorure de potassium présente dans sa composition chimique une grande analogie avec le sel gemme : mais jusqu'ici on n'avait trouvé aucun échantillon de cette substance qui fût assez pure pour se prêter à des recherches. Depuis plusieurs années, on avait trouvé à Stassfurt du chlorure de potassium pur, auquel on avait donné le nom de Sylvine, mais il n'était pas assez limpide pour les recherches. Tout à

[1] Thermochrose, page 164.

fait récemment, cependant, on a trouvé des cristaux de cette substance, dont quelques-uns sont très-transparents. Grâce à l'obligeance de M. Krug von Nidda, j'en ai eu à ma disposition deux échantillons dont les dimensions permettent la détermination de leur diathermansie.

Pour endommager le moins possible ces beaux cristaux, on s'est borné à cliver et polir deux de leurs surfaces naturelles opposées, dont l'une était précédemment un peu courbe : on a obtenu ainsi une plaque de 26mm d'épaisseur, que l'on a comparé avec deux plaques de sel gemme amenées par le clivage à une épaisseur parfaitement la même. L'une de ces plaques de sel gemme, incolore et transparente, provenait de Stassfurt, l'autre d'une autre localité. La plaque de Sylvine était très-claire et très-transparente, cependant elle avait une légère teinte rouge[1]. Elle transmettait 76 pour cent de la chaleur provenant d'un vase rempli d'eau bouillante ; avec une lampe de Locatelli, elle transmettait une proportion un peu moindre, 71,8 pour cent, ce qui provient peut-être de ce que dans l'intervalle des deux expériences, elle était restée exposée à l'air pendant quelques jours.

La plaque de sel gemme parfaitement claire, de Stassfurt, et dont l'épaisseur était aussi de 26mm, laissait passer 72 pour cent de la chaleur provenant d'une source à 100 degrés, et 79 pour cent de la lampe de Locatelli.

L'autre plaque de sel gemme qui était absolument limpide, et qui avait aussi 26mm d'épaisseur, était aussi diathermane que la plaque de Melloni, dont l'épaisseur était dix fois moindre, soit 2mm,6. En effet, il passait 92,6 pour cent de la chaleur provenant du vase d'eau bouillante, et 92,5 de la lampe. La Sylvine se comporte donc précisément comme le sel gemme, et même les échantillons de ces deux substances

[1] On a trouvé plus récemment à Stassfurt des cristaux de cette substance, qui sont complétement rouges comme de la carnalite, et qui contiennent du fer oligiste.

provenant de la même localité, c'est-à-dire de Stassfurt, possède exactement la même diathermansie.

Melloni a aussi observé un échantillon de sel gemme qu'il appelle *louche;* il ne laissait passer que 62 pour cent ; ainsi le sel gemme et la sylvine de Stassfurt présentent une diathermansie intermédiaire entre celle des échantillons de sel gemme étudiés par Melloni, qui cependant n'avaient que $2^{mm},6$ d'épaisseur, c'est-à-dire une dimension dix fois moindre. Du sel gemme, dont une plaque de 26^{mm} d'épaisseur laisse passer 92 pour cent de chaleur, est rare et ne se rencontre pas dans beaucoup de localités. Quant à l'autre propriété de transmettre également la chaleur provenant de sources diverses, la Sylvine la présente au même degré que le sel gemme, et se place par conséquent à côté de lui, sous ce rapport.

P. Desains. Recherches sur les spectres calorifiques obscurs. (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 3 octobre 1868.)

L'ensemble des recherches relatives au spectre calorifique a depuis longtemps établi que la chaleur de la partie lumineuse de ce spectre est plus transmissible à travers l'eau que ne le sont les rayons obscurs moyens. Melloni est allé plus loin, et, dans un Mémoire présenté en 1831 à l'Académie des Sciences, il énonce que les parties les moins réfrangibles du spectre solaire obscur sont complétement dépourvues de la propriété de traverser une couche d'eau de quelques millimètres. Ces portions seraient, à ce point de vue, assimilables aux radiations émanées des corps noircis portés à des températures inférieures à 300 degrés.

Quels qu'aient été, depuis le travail de Melloni, les résultats acquis à la science sur les propriétés des radiations calorifiques solaires, j'ai cru devoir chercher de nouveau si, dans les spectres formés de ces radiations, il existe réellement

encore des rayons analogues à ceux des sources à très-basse température.

Les notions récemment acquises sur l'action absorbante des vapeurs rendaient la chose peu probable, et, en effet, je n'ai jamais pu trouver dans les spectres solaires que j'ai étudiés de rayons complétement dépourvus de transmissibilité à travers l'eau. Ces spectres étaient assez purs pour qu'on y distinguât facilement à l'œil les raies principales, leur partie lumineuse avait environ 25 millimètres d'étendue, et leur partie obscure une étendue à peu près égale : j'en explorais les différentes parties à l'aide d'une pile linéaire dont la largeur était à peine la vingt-cinquième partie de la largeur totale du spectre : dans le maximum j'avais souvent jusqu'à 30 degrés de déviation, et même quelquefois beaucoup plus; or, en écartant ma pile jusqu'aux limites de l'obscur, là où je n'obtenais plus qu'une déviation de une ou deux divisions, je trouvais encore que la chaleur capable de produire ces déviations se transmettait en proportion très-notable à travers une couche d'eau de 2 millimètres : il n'est pas inutile de remarquer que ces derniers faisceaux de chaleur obscure extrême ne formaient pas, dans mes expériences, la deux-centième partie de la chaleur totale répandue dans toute l'étendue du spectre.

On arrive à des résultats complétement différents lorsqu'on analyse des spectres de sources lumineuses terrestres, telles que la flamme d'une lampe sans verre ou encore un fil de platine incandescent.

Dans une série d'expériences, un fil de cette espèce était maintenu au cerise clair dans une mince flamme de gaz ; son rayonnement limité par un diaphragme convenable venait, à 28 centimètres environ, tomber sur une lentille de sel gemme de 15 centimètres de foyer, laquelle en formait une image nette à une distance un peu supérieure à 30 centimètres : en plaçant contre la lentille un beau prisme de sel gemme on déviait les rayons en les dispersant. La portion

lumineuse du spectre était peu visible et les effets calorifiques qu'elle produisait peu intenses : le spectre obscur était au moins aussi dilaté que dans le cas des rayons solaires et il présentait un maximum très-nettement accusé ; dans la position relative à ce maximum la pile recevait assez de chaleur pour que la déviation obtenue s'élevât souvent jusqu'à 20 degrés ; puis du côté de l'obscur le spectre se prolongeait à une distance au moins égale à celle qui séparait le maximum de la région lumineuse : toute cette seconde partie du spectre obscure était complétement absorbable par une couche d'eau de 2 millimètres d'épaisseur et quant aux rayons formant le maximum, ils l'étaient eux-mêmes presque complétement : à peine la trentième partie de ces rayons échappait-elle à l'absorption, et il fallait se rapprocher notablement de la région lumineuse pour retrouver des transmissions fortement accusées. Ainsi, dans un spectre formé par des rayons qui n'ont pas eu à traverser de couche absorbante, d'épaisseur appréciable, on retrouve des rayons analogues à ceux que l'on emprunte d'ordinaire aux parois des cuves chauffées.

L'appareil que j'employais dans ces études spectrales me permettait de mesurer à $\frac{1}{4}$ de degré près la déviation imprimée aux faisceaux étudiés par le prisme de sel gemme toujours placé dans la position où la déviation du rouge était minimum. Or, en faisant ces mesures, je reconnus bientôt que des faisceaux de même largeur et de même réfrangibilité moyenne étaient très-différemment absorbables par 2 millimètres d'eau suivant que je les prenais dans le spectre solaire ou dans le spectre formé par des rayons émanés du platine; dans ce dernier cas, l'absorption est plus forte que dans l'autre.

Les différences sont très-nettes, et ne peuvent être attribuées à la présence de rayons tout à fait absorbables venant des régions extrêmes du spectre et qui se trouveraient mélangés, par suite d'une mauvaise disposition de l'expérience, avec les rayons mêmes sur lesquels on veut opérer. Si, en

effet, il se faisait un pareil afflux de rayons absorbables, il devrait s'en faire un autre de rayons beaucoup plus transmissibles et venant de la portion plus réfractée du spectre, et les effets se balanceraient ou à peu près. D'ailleurs, une nouvelle expérience que nous allons citer ne peut laisser aucun doute. On prend pour source de chaleur une lampe à modérateur, et avec les rayons qui en émanent on forme un spectre bien pur : dans une de mes expériences, la déviation des rayons rouges était de 40°,5, celle des rayons violets 43 degrés, et j'obtenais encore quelques dixièmes de déviation en plaçant l'alidade qui soutenait ma pile à 38 degrés seulement des rayons directs. Quand l'alidade était placée à 39°,9 des rayons incidents, la pile ne recevait plus aucun rayon lumineux, mais elle était couverte par la bande obscure contiguë au rouge extrême ; une auge de spath fluor renfermant une couche d'eau de 2 millimètres laissait passer environ le tiers des rayons formant cette bande. Ainsi, par exemple, on obtenait 33 degrés de déviation au direct, et 11 degrés au transmis. En mettant l'alidade à 39°,2 de la direction des rayons incidents on obtenait encore de fortes déviations au direct ; mais la transmissibilité à travers la même auge était singulièrement diminuée, elle n'était plus que $\frac{31}{190}$, c'est-à-dire que la moyenne des déviations obtenues était au direct 19 et au transmis 3,1.

Ces observations faites, je modifiai la nature des rayons en leur faisant traverser, avant leur incidence sur le prisme, une couche d'eau de $0^m,003$ comprise entre deux lames de verre ; et alors pour les deux positions que je viens d'indiquer, la transmissibilité à travers l'auge de spath pleine d'eau se trouva singulièrement accrue ; elle devint $\frac{46}{74}$ dans le premier cas, et $\frac{19}{25}$ dans l'autre.

Il me semble résulter de ces nombres une démonstration complète de la proposition précédemment énoncée. En effet, si l'auge de spath pleine d'eau ne laisse passer que le tiers des rayons obscurs contigus au rouge extrême, et beaucoup

moins des autres faisceaux obscurs moins réfrangibles, il est impossible d'admettre qu'un mélange de rayons aussi peu transmissibles puisse arriver à former un faisceau capable de se transmettre dans la proportion de $\frac{19}{25}$ ou de $\frac{4}{5}$. C'est pourtant à cette conséquence qu'il faudrait arriver si l'on admettait que l'auge de verre pleine d'eau ne modifie les faisceaux incidents qu'en les épurant par l'extinction de rayons de réfrangibilité moyenne très-différente de celle des faisceaux que l'on étudie.

Il me paraît donc établi que si dans des spectres bien purs, mais de provenances différentes, on isole deux tranches de rayons de même réfrangibilité moyenne, et dont la largeur, la même dans les deux cas, soit une très-faible portion de la largeur totale du spectre, ces deux tranches de rayons pourront avoir des propriétés fort différentes.

Sans discuter ici les différentes interprétations que l'on pourrait proposer de ce fait, je me bornerai à faire remarquer qu'on l'explique complétement d'après les données que fournit l'analyse spectrale. En effet, si dans un spectre solaire, lumineux ou chimique, on considère une bande dont la largeur soit la quinzième, la trentième partie de celle du spectre, on sait que cette bande est sillonnée d'une multitude de raies, lesquelles correspondent à des rayons qui ont été absorbés en traversant l'atmosphère solaire ou l'atmosphère terrestre, et quoique avec des différences notables, des absorbants convenablement choisis peuvent produire des effets analogues sur les spectres venant de sources terrestres. Or, les raies, les bandes d'absorption dont il s'agit, en se développant dans un faisceau de réfrangibilité moyenne déterminée, le modifient nécessairement et au point de vue de l'intensité et au point de vue de la transmissibilité, puisque évidemment les rayons qui ont disparu n'étaient pas identiques à ceux qui ont persisté, quoiqu'ils eussent sensiblement le même degré de réfrangibilité.

En terminant ce résumé, je demande à l'Académie la per-

mission de signaler un fait qui se rattache directement à l'étude des spectres calorifiques. Un corps porté à la température rouge émet à la fois des rayons calorifiques obscurs et des rayons calorifiques lumineux ; si on le chauffe de plus en plus à partir du terme où il est franchement lumineux, l'accroissement que prend l'énergie de son rayonnement porte-t-il sur la partie lumineuse seulement, ou à la fois sur les deux ? Le seul fait de la position du maximum de chaleur dans la partie obscure des spectres solaires semble indiquer que la seconde hypothèse est la vraie. On peut, du reste, le vérifier de la manière suivante : on prend pour source de chaleur une lame de platine formant paroi d'un petit fourneau à gaz dans lequel on peut obtenir des températures de plus en plus élevées en forçant la pression de l'air que l'on y insuffle. Quand la lame est au cerise bien franc, on isole une partie des rayons qu'elle envoie et on les disperse par un prisme. La pile placée dans la partie obscure du spectre à une distance notable de la portion lumineuse donne une indication qui reste fixe tant que la pression de l'air injecté l'est elle-même ; si l'on force cette pression, la lame passe du cerise au blanc, et en même temps l'indication thermoscopique s'accroît beaucoup, quoique la pile ne puisse recevoir aucun rayon lumineux[1].

MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

J. GEIKIE. NOTE ON THE DISCOVERY..... NOTE SUR LA DÉCOUVERTE D'UN BOS PRIMIGENIUS DANS LE TERRAIN ERRATIQUE INFÉRIEUR DE L'ÉCOSSE. (*Geological Magazine*, Septembre 1868.)

Un fragment de la tête d'un *Bos primigenius* vient d'être découvert dans les travaux du chemin de fer nommé « Groft-head and Kilmarnock Extension. » Il était placé dans une argile à brique d'origine glaciaire qui fait partie du terrain

[1] Ce fait avait déjà été reconnu et étudié par M. Tyndall. Voyez *Archives*, 1865, tome XXII, p. 46. (*Réd.*)

erratique inférieur et qui repose sur des graviers à cailloux striés. Il ne reste plus à cette tête qu'une seule corne, dont la longueur est de 31 pouces (anglais), la mesure étant prise à l'extérieur en suivant la courbure; le pourtour de la base de cette corne est de quatorze pouces, et la distance qui sépare les bases des deux cornes est de 10 pouces. M. Geikie donne deux coupes qui représentent la position exacte de ce fossile dans le terrain.

RAILLARD. SUR LA CHALEUR CENTRALE DE LA TERRE. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 1868, tome LXVI, p. 432.)

Les géologues admettent en général, d'après l'accroissement graduel de la température de la terre, de la surface au centre, que notre globe est solide à l'extérieur sur une épaisseur de quelques lieues, environ $\frac{1}{500}$ de son diamètre; mais on a objecté à cette hypothèse que si toute la masse du globe était fluide à partir d'une petite profondeur, les actions réunies de la lune et du soleil produiraient des marées dans la masse intérieure, et que l'écorce solide de la terre, étant soulevée deux fois par jour, serait brisée. Cette objection faite, il y a déjà quelques années, a été assez forte pour faire abandonner l'idée de la fluidité intérieure de la terre par des savants de premier ordre. Ils ont admis la solidité de la terre dans toute sa masse, l'arrêt de l'accroissement de la température à une certaine profondeur, et ils pensent que les phénomènes volcaniques sont purement locaux.

L'auteur croit que l'importance attachée à cette objection faite à la fluidité intérieure de la terre, a été exagérée, car en admettant que des marées intérieures agissent sur l'écorce terrestre, elles ne pourraient la soulever que de six mètres, ce qui allongerait le diamètre de la terre de la millionième partie de sa longeur. Cette extension, dont nous ne pourrions probablement pas nous apercevoir, ne déterminerait aucune

rupture dans l'écorce solide, pas plus qu'un anneau de fer de cent mètres de diamètre et de deux décimètres d'épaisseur ne serait brisé par un changement d'un dixième de millimètre produit dans son diamètre. On peut donc bien admettre la possibilité d'une pareille flexion dans l'écorce solide de la terre et croire à l'hypothèse de la fluidité intérieure de notre globe.

Cette hypothèse facilite l'explication de l'aplatissement de la terre, des sources thermales, des éruptions volcaniques et peut-être celle du magnétisme terrestre. Dans l'exposition de quelques considérations relatives aux éruptions volcaniques, l'auteur évalue à 5000° la température de l'intérieur du globe.

Delaunay. Sur l'hypothèse de la fluidité intérieure du globe terrestre. (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 1868, tome LXVII, page 65.)

M. Delaunay rappelle qu'aux yeux d'un grand nombre de savants le globe terrestre consisterait en une masse liquide recouverte d'une croute solide de peu d'épaisseur relativement à son rayon. Mais une forte objection a été faite à cette manière de voir, il y a une trentaine d'années, par M. Hopkins (*Transact. philoph.*, 1839, 1840, 1842). Elle est basée sur l'idée que le Soleil et la Lune qui agissent sur la Terre pour produire les phénomènes de la précession et de la nutation, ne font sentir leur action que sur la partie solide de notre globe, tandis que la partie fluide échappe par sa nature à leur influence. En admettant cette donnée, M. Hopkins a calculé que la partie solide de la Terre devrait avoir 800 à 1000 milles anglais d'épaisseur, c'est-à-dire $^1/_5$ ou $^1/_4$ du rayon terrestre, pour que les mouvements dont nous venons de parler soient ce qu'ils sont maintenant. Si la croute solide avait une moindre épaisseur, la précession et la nutation seraient plus considérables. Cette manière de voir a été confir-

mée dernièrement par M. Thompson (*Trans. philosoph.*, 1863, p. 573) et par M. A. Pratt (*Figure of the Earth*, 1860, § 85).

« Ainsi, on le voit, dit M. Delaunay, l'objection mise en « avant par M. Hopkins, contre les idées généralement admi- « ses par les géologues sur la fluidité intérieure du globe ter- « restre, est regardée par plusieurs savants anglais comme « parfaitement fondée. Je suis d'un avis diamétralement op- « posé : je crois que l'objection de M. Hopkins ne repose sur « aucun fondement réel. »

Le savant académicien appuie son raisonnement sur ce que le liquide intérieur du globe n'est pas doué d'une *fluidité absolue*, mais qu'il possède une certaine viscosité dont le savant anglais n'a pas tenu compte. Il insiste également sur la lenteur du mouvement de rotation imprimé par les forces perturbatrices qui produisent la précession et la nutation. Ce mouvement se combine avec celui de la Terre, et le liquide intérieur du globe, sous l'influence des pressions énormes qui agissent sur lui, doit participer à ce mouvement additionnel.

« D'après ce qui précède, ajoute M. Delaunay, il ne me « paraît pas possible d'admettre que l'effet des actions per- « turbatrices auxquelles sont dues la précession et la nuta- « tion, ne s'étende qu'à une portion de la masse du globe « terrestre ; la masse entière doit être entraînée par ces ac- « tions perturbatrices, quelle que soit la grandeur que l'on « suppose à la partie fluide intérieure, et par conséquent la « considération des phénomènes de la précession et de la « nutation ne peut fournir aucune donnée sur le plus ou « moins d'épaisseur de la croute solide du globe. »

A la demande de M. Delaunay, M. Champagneur a fait des expériences pour connaître *le mouvement de l'eau par rapport à celui du vase dans lequel elle est contenue* (*Comptes rendus*, 1868, tome LXVII, page 170). Le ballon qui a servi à ces expériences avait 24 centimètres de diamètre et était suspendu à un fil de 12 mètres de longueur. M. Champagneur

est arrivé au résultat suivant : « En résumé, dit-il, l'eau possède une certaine force de cohésion pour le vase qui la « renferme, de sorte que si l'on imprime au vase un mouvement de rotation tel, que les variations de vitesse de ce « mouvement soient vaincues par la force de cohésion de « l'eau, celle-ci est entraînée et suit en tous points le mouvement du vase. »

J.-W. JUDD. ON THE SPEETON CLAY. SUR L'ARGILE DE SPEETON. (*Quarterly Journ. of the geological Society of London*, 1868, tome XXIV, page 218.)

L'argile de Speeton sur la côte orientale du Yorkshire a souvent occupé les géologues. C'est ainsi que Young, Bird, Sedgwick, Philipps, Agassiz, Römer, Godwin-Austen, E. Forbes, Fitton, d'Orbigny, d'Archiac, Leckenby, Wright ont successivement émis des opinions sur l'âge de cette formation. M. Judd décrit la position de cette grande masse argileuse, qui n'a pas moins de 500 pieds d'épaisseur. Elle est située au nord du cap Flamborough. La série des couches qui la compose est difficile à reconnaître par suite des nombreux et grands glissements de terrains qui semblent souvent intervertir l'ordre de superposition des couches. Dans un paragraphe spécial, l'auteur examine s'il est possible qu'une partie des couches de Speeton puisse représenter le gault, comme on l'avait cru; il se prononce négativement en montrant que certains des êtres organisés recueillis dans cette localité ont été mal déterminés. Après avoir réuni un grand nombre de fossiles et fait plusieurs coupes, il arrive à la classification suivante (nous ne ferons connaître qu'un petit nombre des très-nombreux fossiles dont il indique le gisement d'une manière fort exacte) :

1. Néocomien supérieur, 150 p. (argile bleue, argile noire, couche à ciment). *Belemnites semisulcatus*, *Perna Mulleti*, *Exogyra sinuata*, etc.

2. Néocomien moyen, 150 p. (argile d'un bleu noir, zone à *Pecten cinctus*, *Shrimp-bed*, couches à Ancyloceras). *Ancyloceras Duvalii*, *A. Emerici*, *Terebratula depressa*, etc.

3. Néocomien inférieur, 200 p. (zone à *Ammonites Speetonensis*, zone à *A. Noricus*, zone à *A. Asterianus*). *Ammonites rotula*, *A. Nisus*, *Ancyloceras Puzosianus*, *A. Duvalii*, *Toxaster complanatus*, etc.

Cette couche repose sans conformité de stratification sur les couches suivantes.

4. Portlandien (couche à coprolites, couche à poissons, bancs d'argile et de roches dures de couleur foncée). *Ammonites gigas*, *A. Gravesianus*, etc.

5. Kimmeridien supérieur, couches argileuse, schisteuse et bitumineuse. *Ammonites biplex*. (Autres du groupe des *planulati*, *Discina latissima*, etc.)

6. Kimmeridien moyen (sable, argile, etc.) *Ammonites mutabilis*, *A. triplicatus*, etc.

7. Kimmeridien inférieur (argile de couleur foncée). *Ammonites alternans*, *Rhynchonella inconstans*. Les couches inférieures du Kimméridien ne se voient pas.

BOTANIQUE.

L. Rabenhorst. Flora europæa Algarum aquæ dulcis et submarinæ. Sectio III : Chlorophyllophyceas, Melanophyceas et Rhodophyceas complectens. Lipsiæ, 1868, in-8°, p. 1-164.

A cette troisième et dernière partie de l'ouvrage sont joints le titre général, une préface de deux pages, la bibliographie du sujet et l'énumération des *Exsiccata* d'Algues, ensemble vingt pages. En outre une belle gravure, représentant l'auteur de ce travail, dont la première partie avait déjà paru en 1864. Le texte proprement dit a 412 pages, auxquelles s'ajoutent 14 pages d'addition, dont 12 se rapportent aux sections ou volumes I et II. Ces additions, outre les nom-

breuses citations d'*Exsiccata*, contiennent le genre *Glaucocystis* Itz., et une vingtaine d'espèces publiées récemment. Comme pour les sections I et II, il y a une table des genres et espèces admis, et une autre pour les synonymes. Les figures xylographiques pour les genres et le texte analogues à celles des sections précédentes, méritent les mêmes éloges. Des clefs synoptiques pour les grands genres faciliteront particulièrement la détermination des espèces, et ce qui mérite une mention spéciale, c'est le soin avec lequel l'auteur a utilisé les travaux monographiques spéciaux, qui ont été publiés récemment sur quelques-uns des groupes des *Chlorophyllophycées* et des *Rhodophycées*. Une tendance heureuse a porté l'auteur, plus encore que dans les deux volumes précédents, à réduire à leur juste valeur (autant que possible) le gros des mauvaises espèces de Kützing et autres, et à débrouiller ainsi le chaos des espèces entièrement hétérodoxes (*Spirogyra*, *Cladophora*, etc.), en les fondant sur une base plus solide, et en même temps plus uniforme.

L'ouvrage entier se divise donc en trois volumes d'à peu près égale étendue, dont chacun cadre heureusement avec une division naturelle. En effet, si nous faisons abstraction des *Melanophyceæ* et des *Rhodophyceæ* qui sont insignifiantes numériquement, et qui terminent le troisième volume, nous avons dans le premier volume les Algues à Silice *(Diatomacées)*, dans le deuxième les Algues à Phycochrome *(Phycochromophycées)* et dans le troisième les Algues à Chlorophylle *(Chlorophyllophycées)*. Sans doute, lorsqu'on connaîtra mieux l'histoire biologique de ces petits êtres, les volumes II et III perdront un petit contingent de leurs espèces inférieures, qui iront aux Lichens ; mais quoi qu'il en soit, ce bel ouvrage résume d'une manière heureuse les connaissances systématiques actuelles sur ce vaste sujet. Il est indispensable à quiconque veut s'occuper sérieusement des Algues d'eau douce.

M.

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	572,18	572,43	572,52	572,47	572,34	572,29	572,29	572,40	572,47
2e »	564,36	564,61	564,68	564,54	564,58	564,46	564,49	564,57	564,69
3e »	563,66	563,82	564,03	564,12	563,92	563,91	563,91	564,00	564,10
Mois	566,74	566,95	567,08	567,04	566,95	566,89	566,90	566,99	567,09
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 6,71	+ 9,01	+10,38	+12,07	+12,00	+11,53	+ 9,32	+ 8,33	+ 8,10
2e »	+ 2,60	+ 3,98	+ 5,18	+ 6,21	+ 5,80	+ 4,84	+ 4,35	+ 3,42	+ 3,31
3e »	+ 2,13	+ 2,36	+ 2,89	+ 3,58	+ 3,87	+ 3,90	+ 3,21	+ 2,92	+ 2,80
Mois	+ 3,81	+ 5,12	+ 6,15	+ 7,29	+ 7,22	+ 6,76	+ 5,63	+ 4,89	+ 4,71

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 6,60	+12,48	0,26	5,7	—
2e »	+ 2,41	+ 6,46	0,79	56,0	—
3e »	+ 1,68	+ 4,18	0,87	168,2	—
Mois	+ 3,56	+ 7,71	0,64	229,9	—

Dans ce mois, l'air a été calme 10 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,39 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° O., et son intensité est égale à 49,0 sur 100.

* Voir la note du tableau.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	572,53	+ 4,72	571,20	573,33	+ 6,92	+ 2,19	+ 4,5	+ 9,5	.....	.....	......	NE. 1	0,09
2	573,94	+ 6,19	573,21	574,27	+ 8,67	+ 4,03	+ 6,0	+11,5	.....	.....	......	NE. 1	0,02
3	573,46	+ 5,77	573,24	573,89	+10,40	+ 5,85	+ 7,0	+15,0	.....	....	......	NE. 1	0,31
4	573,71	+ 6,08	573,17	574,07	+10,40	+ 5,94	+ 7,9	+14,0	.....	.....	......	NE. 1	0,23
5	573,92	+ 6,35	573,85	574,09	+10,92	+ 6,55	+ 7,5	+14,3	.....	.....	......	variable	0,06
6	573,36	+ 5,86	573,09	573,65	+11,23	+ 6,96	+ 8,6	+13,9	.....	.....	......	NE. 1	0,10
7	571,85	+ 4,42	571,15	572,73	+10,03	+ 5,86	+ 7,9	+12,6	.....	.....	......	NE. 1	0,22
8	569,61	+ 2,25	569,44	569,89	+ 8,58	+ 4,51	+ 6,9	+11,6	.....	.....	......	variable	0,78
9	570,37	+ 3,08	569,71	571,35	+ 8,76	+ 4,79	+ 5,1	+12,0	.....	.....	......	SO. 1	0,32
10	570,34	+ 3,12	569,89	571,09	+ 6,92	+ 3,05	+ 4,6	+10,4	.....	5,7	1	SO. 1	0,50
11	567,77	+ 0,62	566,92	569,40	+ 6,59	+ 2,83	+ 4,3	+ 9,8	.....	.....	......	SO. 1	0,54
12	565,30	— 1,78	565,04	565,68	+ 5,93	+ 2,28	+ 3,0	+ 9,7	.....	6,0	2	NE. 1	0,66
13	564,29	— 2,71	563,59	565,16	+ 4,10	+ 0,56	+ 3,7	+ 5,4	.....	9,7	4 1/2	SO. 1	0,96
14	562,33	— 4,59	561,60	563,28	+ 2,80	— 0,63	+ 1,6	+ 5,0	.....	19,6	6	variable	0,99
15	563,46	— 3,39	563,20	564,22	+ 3,47	+ 0,15	+ 1,7	+ 5,5	.....	4,1	1	NE. 1	0,89
16	564,68	— 2,10	564,17	565,22	+ 3,76	+ 0,56	+ 2,0	+ 6,3	.....	.....	......	NE. 1	0,32
17	563,83	— 2,87	563,24	564,68	+ 4,12	+ 1,04	+ 2,0	+ 7,1	.....	.....	......	SO. 2	0,88
18	564,26	— 2,36	562,68	565,42	+ 3,86	+ 0,90	+ 2,0	+ 7,2	.....	.....	......	SO. 2	0,82
19	564,31	— 2,23	563,99	564,84	+ 2,74	— 0,09	+ 2,4	+ 4,2	.....	16,6	1 1/2	SO. 3	1,00
20	564,63	— 1,83	563,95	565,22	+ 2,40	— 0,31	+ 1,4	+ 4,4	.....	.....	......	SO. 1	0,86
21	561,95	— 4,43	561,54	562,53	+ 1,59	— 1,00	+ 0,8	+ 3,0	.....	29,4	18	SO. 3	1,00
22	559,54	— 6,76	558,36	569,53	+ 1,93	— 0,53	+ 0,4	+ 3,8	.....	51,0	12	SO. 2	0,99
23	560,72	— 5,50	558,39	563,23	— 0,58	— 2,91	— 1,4	+ 0,7	....	6,5	3	NE. 2	0,69
24	564,87	— 1,27	563,42	565,82	+ 2,78	+ 0,58	+ 0,3	+ 5,4	.....	.....	......	SO. 2	0,73
25	565,56	— 0,50	565,43	565,92	+ 2,77	+ 0,70	+ 2,6	+ 3,9	.....	.....	......	SO. 2	1,00
26	566,21	+ 0,23	565,69	566,49	+ 3,11	+ 1,17	+ 3,2	+ 4,0	.....	13,4	4	SO. 2	1,00
27	565,72	— 0,48	564,92	564,62	+ 4,15	+ 2,34	+ 3,0	+ 5,6	.....	67,9	16	SO. 3	1,00
28	564,73	— 1,09	564,18	564,96	+ 4,40	+ 2,73	+ 2,9	+ 6,6	.....	....	......	SO. 1	0,66
29	565,95	+ 0,21	565,72	565,73	+ 3,13	+ 1,60	+ 2,0	+ 4,6	.....	.....	......	SO. 2	0,66
30	563,51	— 2,14	562,91	564,40	+ 3,12	+ 1,73	+ 3,0	+ 4,2	.....	.....	......	SO. 2	1,00

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE SEPTEMBRE 1868.

Le 8, brouillard de 8 h. du matin à 2 h. de l'après-midi et depuis 8 h. du soir.
11, id. à 6 h. du matin et 6 h. du soir.
13, id. depuis 6 h. du soir.
14, id. toute la journée.
15, id. id.
16, id. à 6 h. du matin.
17, id. jusqu'à 8 h. du matin et depuis 6 h. du soir.
18, id. depuis 6 h. du soir.
19, id. tout le jour.
20, id. à peu près toute la journée.
21, id. tout le jour; neige de 6 $1/2$ h. à 7 $1/4$ du matin.
22, pluie et neige une grande partie de la journée.
23, brouillard jusqu'au soir.
24, id. depuis 8 h. du soir.
25, id. dans la journée.
26, id. id.
27, id. id.
28, id. de 8 h. à 10 h. du matin.
29, id. depuis 2 h. de l'après-midi.
30, id. toute la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 2 à 10 h. soir............	574,27	Le 8 à 4 h. soir..	569,11
9 à 10 h. soir............	571,35	14 à 6 h. matin..........	561,60
16 à 6 h. soir...........	565,22	18 à 6 h. matin..........	562,68
18 à 10 h. soir............	565,42	22 à 10 h. soir............	558,36
27 à 8 h. matin.........	566,62		

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	731,42	731,68	731,59	730,97	730,26	729,80	729,70	730,10	730,41
2e «	723,15	723,32	723,31	722,88	722,41	722,08	722,20	722,55	722,69
3e «	722,29	722,76	722,86	722,46	721,88	721,78	721,96	722,52	722,65
Mois	725,62	725,92	725,91	725,44	724,85	724,55	724,62	725,06	725,25
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+11,98	+17,45	+20,86	+22,65	+24,18	+24,52	+23,12	+20,09	+17,42
2e «	+12,20	+15,53	+18,26	+20,08	+21,37	+20,95	+18,30	+16,19	+14,82
3e «	+12,63	+14,12	+16,41	+17,65	+18,63	+17,59	+16,18	+15,18	+14,47
Mois	+12,27	+15,70	+18,51	+20,13	+21,39	+21,02	+19,20	+17,15	+15,57
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	9,56	11,05	10,63	10,83	11,39	11,66	12,11	11,74	11,08
2e «	10,05	10,90	11,02	11,12	10,68	10,29	11,55	11,82	10,88
3e «	10,15	10,67	10,92	10,49	10,20	10,84	10,73	10,96	10,76
Mois	9,92	10,87	10,86	10,82	10,75	10,93	11,46	11,50	10,91
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	909	741	577	525	509	511	575	672	750
2e «	945	833	717	651	582	580	745	869	870
3e «	929	893	792	710	653	733	790	857	882
Mois	928	822	695	629	581	608	703	799	834

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+11,17	+25,37	0,68	18,69	0,0	190,7
2e «	+11,58	+22,66	0,55	20,12	40,0	179,3
3e «	+11,75	+19,62	0,70	18,18	93,3	166,7
Mois	+11,50	+22,55	0,64	19,28	133,3	178,9

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,88 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 89°,3 O., et son intensité est égale à 16,2 sur 100.

GENÈVE. — SEPTEMBRE 1868.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o		cm.
1	733,03	+ 5,37	+16,56	+0,19	+ 9,4	+23,1	9,73	—0,48	702	— 40	450	920	...	...	N. 1	0,24	19,0	+ 0,8	197
2	733,70	+ 6,07	+17,87	+1,61	+ 9,9	+24,8	10,40	+0,23	686	— 58	450	910	...	..	N. 1	0,00	19,1	+ 1,0	195
3	732,11	+ 4,51	+17,91	+1,76	+10,7	+24,7	11,57	+1,44	748	+ 1	570	910	...	...	N. 1	0,02	19,5	+ 1,4	194
4	731,71	+ 4,14	+19,48	+3,44	+12,7	+25,1	12,86	+2,77	738	+ 9	590	940	...	...	N. 1	0,10	19,3	+ 1,3	190
5	731,80	+ 4,25	+19,89	+3,97	+12,3	+26,9	11,96	+1,91	698	— 54	490	920	...	...	N. 1	0,03	19,9	+ 2,0	190
6	731,08	+ 3,55	+20,16	+4,36	+13,4	+26,7	11,40	+1,39	660	— 94	450	900	...	...	N. 1	0,08	—	—	189
7	729,63	+ 2,13	+19,54	+3,86	+12,1	+25,9	11,57	+1,60	686	— 71	500	890	..	...	N. 1	0,06	19,8	+ 2,0	189
8	727,05	— 0,42	+19,57	+4,01	+11,0	+27,4	11,08	+1,15	664	— 95	390	940	...	...	N. 1	0,02	20,3	+ 2,5	188
9	728,69	+ 1,25	+18,04	+2,61	+10,0	+24,9	9,08	—0,81	597	—165	380	880	...	...	N. 1	0,00	20,6	+ 2,9	188
10	728,60	+ 1,19	+17,96	+2,66	+10,2	+24,2	9,93	+0,08	648	—116	420	880	...	...	N. 1	0,13	—	—	187
11	725,60	— 1,78	+20,55	+5,39	+12,7	+29,4	10,08	+0,27	595	—172	300	900	...	...	variable	0,19	20,8	+ 3,2	186
12	722,62	— 4,74	+19,15	+4,12	+11,9	+28,0	10,43	+0,66	655	—114	350	880	...	...	variable	0,17	21,0	+ 3,5	183
13	721,84	— 5,49	+17,13	+2,24	+11,8	+22,5	11,53	+1,80	793	+ 22	555	970	1,3	2	N. 1	0,88	—	—	182
14	721,19	— 6,11	+15,52	+0,77	+13,6	+19,1	11,61	+1,92	896	+122	750	930	10,1	9	variable	0,89	20,4	+ 3,0	181
15	722,68	— 4,58	+15,76	+1,15	+14,3	+22,0	11,25	+1,59	859	+ 82	590	950	9,9	6½	N. 1	0,86	19,9	+ 2,6	181
16	724,64	— 2,39	+15,90	+1,42	+11,7	+20,8	10,81	+1,20	813	+ 34	550	980	...	...	variable	0,60	20,0	+ 2,7	179
17	721,83	— 5,36	+15,18	+0,83	+10,0	+20,6	11,44	+1,89	876	+ 94	670	970	6,6	3	N. 1	0,51	19,8	+ 2,6	178
18	722,02	— 5,14	+16,37	+2,16	+11,3	+24,0	10,07	+0,58	749	— 36	410	950	...	...	variable	0,48	19,9	+ 2,8	177
19	721,31	— 5,81	+12,82	—1,26	+ 9,7	+19,0	10,14	+0,70	914	+127	760	980	12,1	6	variable	0,71	19,2	+ 2,2	174
20	723,56	— 3,53	+14,44	+0,49	+ 8,8	+21,2	10,26	+0,88	835	+ 45	580	1000	...	...	N. 1	0,24	—	—	172
21	718,49	— 8,57	+14,97	+1,17	+12,0	+19,6	10,76	+1,43	858	+ 66	620	970	4,6	3	variable	0,59	19,0	+ 2,2	168
22	718,50	— 8,52	+14,37	+0,72	+12,5	+19,4	9,90	+0,63	844	+ 49	580	990	5,9	5	variable	0,86	18,9	+ 2,2	166
23	721,12	— 5,87	+13,71	+0,20	+12,0	+19,2	10,15	+0,94	884	+ 87	620	980	4,9	5	SO. 1	0,91	18,8	+ 2,2	165
24	724,15	— 2,80	+15,29	+1,93	+ 9,6	+20,9	9,30	+0,14	755	— 44	450	990	...	...	SSO. 1	0,54	18,8	+ 2,3	165
25	722,86	— 4,06	+15,19	+1,98	+11,1	+21,2	10,70	+1,60	836	+ 35	560	930	15,8	7	S. 1	0,74	18,8	+ 2,4	165
26	724,82	— 2,07	+15,48	+2,42	+12,7	+19,5	11,33	+2,28	875	+ 72	670	970	...	...	N. 1	0,56	18,6	+ 2,3	165
27	724,28	— 2,57	+13,56	+0,65	+13,2	+16,3	11,88	+2,89	998	+193	940	1000	60,4	22	N. 1	1,00	—	—	164
28	723,91	— 2,91	+15,18	+2,43	+11,6	+21,2	10,03	+1,10	807	0	570	960	...	...	SSO. 1	0,74	18,4	+ 2,3	167
29	723,12	— 3,66	+16,66	+4,06	+11,8	+22,0	9,84	+0,96	703	—106	470	790	...	...	SSO. 1	0,12	18,3	+ 2,3	170
30	721,25	— 5,50	+13,80	+1,35	+11,0	+16,9	10,86	+2,04	920	+109	770	940	1,7	4	variable	0,98	14,0	— 1,9	172

Le 18, halo solaire, tantôt partiel, tantôt complet, à plusieurs reprises, de 11 h. à 3 h.

19, forte rosée le matin; éclairs le soir.

21, éclairs dans la soirée; plus tard, de 11 h. à 11 h. 15 m., tonnerres : les plus fortes décharges ont lieu à 11 h. 14 m.; l'orage passe du Sud au Nord.

22, éclairs et tonnerres de 5 h. 35 m. à 6 h. 40 m. du matin; l'orage passe du SO. au NNE.

24, halo solaire partiel, à plusieurs reprises dans la journée.

25, rosée le matin.

26, couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.

27, pluie torrentielle, de 4 h. à 9 h. du soir.

29, couronne lunaire dans la soirée.

30, Id. Id. Id.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 8 h. matin	734,67	Le 8 à 4 h. soir	726,15
10 à 8 h. matin	730,03	14 à 6 h. matin	720,69
16 à 10 h. matin	725,24	17 à 8 h. soir	719,79
20 à 10 h. matin	724,20	21 à 2 h. 10 m. soir	717,32
25 à 10 h. soir	725,98		

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE SEPTEMBRE 1868.

Le 1er, forte rosée; halo solaire partiel de 6 $^3/_4$ h. à 7 $^1/_4$ du matin.

2, Id.

3, Id. ; hâle toute la journée, très-intense de 6 h. à 10 h. du matin.

4, Id. ; hâle toute la journée ; éclairs le soir à l'Est.

5, Id. ; hâle toute la journée, un peu moins intense que la veille. Le soir à 19 h. 26 m. 18 s. t. sid., un bolide a traversé la partie nord du ciel ; il est parti de Jupiter et passant un peu au-dessous du pôle, il s'est éteint à 2° au Nord de α Canum Venaticum, la durée a été de 4 secondes, et une traînée lumineuse a été visible pendant plusieurs secondes après l'apparition.

6, rosée, hâle toute la journée, très-intense le matin.

7, rosée, hâle assez intense.

8, hâle tout le jour, avec une intensité variable ; dans la soirée éclairs au Sud.

9, rosée, le hâle a été peu prononcé.

10, rosée, hâle un peu plus intense que la veille, moins que les jours précédents ; le soir éclairs au Sud et SE.

11, hâle toute la journée, peu intense.

12, tonnerres du côté de l'Est, de 3 $^1/_2$ h. à 4 $^1/_2$ h. ; hâle très-intense de 6 h. à 10 $^1/_2$ h. du matin.

13, à 10 h. 36 m. du matin, un éclair suivi de tonnerre, à l'ONO.

14, couronne solaire, le matin de 8 $^1/_2$ h. à 10 h. ; éclairs à l'Ouest, le soir.

17, depuis 9 h. du soir, éclairs continuels au SO et à l'O. ; de 10 h. 55 m. à 11 h. 15 m. ; l'orage passe du SO. au NE., et atteint sa plus grande intensité un peu après 11 h.

SUR LA CHALEUR LATENTE
DE
VOLATILISATION DU SEL AMMONIAC
ET
DE QUELQUES AUTRES SUBSTANCES

PAR

M. C. MARIGNAC

A la suite des remarquables expériences par lesquelles M. H. Sainte-Claire Deville a montré que plusieurs des composés que l'on considérait autrefois comme des plus stables, étaient réellement décomposés plus ou moins complétement à une haute température, et se reconstituaient lorsque la chaleur retombait au-dessous d'une certaine limite, un grand nombre de chimistes se sont appuyés sur ces phénomènes de décomposition ou de dissociation, pour expliquer pourquoi tous les corps composés n'offrent pas le même volume à l'état gazeux.

Admettant, comme règle absolue, que tous doivent occuper le même espace, deux ou quatre volumes, suivant qu'on exprime leur composition en atomes ou en équivalents, ils pensent que les corps, assez nombreux d'ailleurs, qui paraissent échapper à cette loi, sont réellement décomposés en leurs éléments à la température à laquelle on détermine leur densité de vapeur. Le chlorhydrate d'ammoniaque est un des composés les plus connus parmi ceux qui présentent cette anomalie, et pour lesquels on a proposé cette explication.

On sait d'ailleurs que M. H. Sainte-Claire Deville n'a point admis cette théorie, et parmi les arguments qu'il lui oppose, il s'appuie surtout sur une expérience très-importante[1] dans laquelle, réunissant le gaz ammoniac et le gaz acide chlorhydrique, chauffés préalablement à 360 degrés, dans une enceinte maintenue elle-même à cette température, il a constaté un dégagement de chaleur qui a porté le thermomètre au delà de 390°. Il en conclut qu'à cette température de 360°, à laquelle correspond une condensation en quatre volumes au lieu de deux (formules atomiques), le chlorhydrate d'ammoniaque n'est point décomposé en ses éléments, puisque ceux-ci sont susceptibles de se combiner à cette température,

Cependant, quelque ingénieuse que soit cette expérience, elle ne paraît pas décider complétement la question. Elle ne prouve point, en effet, que les deux gaz se combinent en totalité. Comme l'a fait remarquer M. Wanklyn, la densité de vapeur du sel ammoniac, déterminée par M. Sainte-Claire Deville[1], a été trouvée de 1,01 à 360, tandis qu'elle devrait être de 0,923 pour une condensation en quatre volumes et de 1,845 pour deux volumes. On pourrait donc, en accordant à ce chiffre une confiance absolue, calculer que, à la température de 360°, 16 parties sur 100 du sel ammoniac sont simplement volatilisées avec condensation en deux volumes, tandis que 84 parties sont décomposées en leurs éléments, occupant quatre volumes. Inversément, quand on mélangerait le gaz ammoniac et l'acide chlorhydrique à 360°, 16 parties sur 100 de ces gaz devraient se com-

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome LVI, p. 733, et tome LIX, p. 1057.

[2] *Comptes rendus*, tome LVI, p. 895

biner, et cela pourrait suffire pour produire le dégagement de chaleur constaté par l'expérience.

La question est donc encore à résoudre.

Parmi les expériences qui pourraient éclairer sa solution, il semble que la détermination de la chaleur latente de volatilisation du sel ammoniac aurait la plus grande importance. En effet, si cette volatilisation est due à un simple changement d'état, elle ne doit absorber qu'une quantité de chaleur comparable à celle qui est nécessaire pour produire cette même modification physique dans d'autres corps composés. Si elle est au contraire accompagnée d'une décomposition chimique plus ou moins complète, elle doit exiger une quantité de chaleur bien plus considérable, peu différente de celle qui résulte de la combinaison chimique du gaz ammoniac avec l'acide chlorhydrique.

Si cette détermination offre par là un haut degré d'intérêt, elle présente d'un autre côté une grande difficulté. Il est impossible, en effet, d'appliquer dans ce cas, la méthode qui a été employée pour des substances plus volatiles, ou se condensant à l'état liquide, et qui consiste à transporter leur vapeur dans un récipient entouré d'un liquide réfrigérant servant de calorimètre. En effet, la vapeur du sel ammoniac ne peut pas se transporter du vase où elle se produit jusqu'à un récipient. Même en opérant dans le vide, au point où elle cesse d'être en contact avec des parois chauffées à 350°, elle se condense à l'état solide et bouche bientôt même des tubes d'un large diamètre.

J'ai essayé d'abord d'obvier à cet inconvénient en distillant le sel avec du mercure, pensant que la vapeur de ce métal entraînerait avec elle celle du chlorhydrate. Mais

j'ai constaté que, même en employant 50 parties de mercure pour 1 de sel ammoniac, on n'évite pas encore complétement le danger des obstructions et des explosions ; or, déjà dans ces proportions, on ne pourrait plus attribuer aucune confiance au résultat que l'on obtiendrait de pareilles expériences.

J'ai aussi tenté de volatiliser le sel ammoniac dans un très-grand creuset, et de suspendre pendant quelques instants, dans le courant de vapeur qui en sort, un ballon contenant de l'eau froide. Je déterminais ensuite l'élévation de température de l'eau et le poids de la croûte de sel condensée sur les parois du ballon. Mais on obtient ainsi des résultats beaucoup trop élevés, le ballon se réchauffant, non-seulement par le contact de la vapeur qu'il condense, mais aussi par le rayonnement des parois du creuset et de l'atmosphère chaude qui l'entoure.

J'ai cherché alors à renverser le problème et à déterminer le poids du sel ammoniac qui peut être réduit en vapeur, à l'air libre, par une source de chaleur invariable, dont l'intensité est elle-même mesurée par la quantité d'eau qu'elle peut volatiliser dans les mêmes circonstances.

Pour réaliser ces conditions, j'ai fait établir un cylindre de fonte[1] de 10 centimètres de diamètre et 12 de

[1] Il eut été probablement bien préférable de faire cet appareil en fer forgé. Peut-être aurais-je évité par là un inconvénient grave, qui suffirait, indépendamment de toute autre cause, pour empêcher ces expériences d'offrir une grande précision. Il résulte du gonflement considérable et permanent qu'éprouve la fonte soumise à des chauffes répétées. J'étais toujours forcé, après quelques opérations, de ronger la surface du cylindre avec de l'acide sulfurique étendu, pour pouvoir de nouveau l'introduire dans la caisse. A la fin de mon travail, ce cylindre s'était en outre allongé de 4 millimètres. Les dimensions des cavités intérieures s'étaient aussi sensiblement agrandies.

hauteur, dans lequel on a foré trois cavités de 3 centimètres de diamètre et 9 de profondeur, disposées symétriquement autour de l'axe. Le refroidissement entre deux limites invariables, de ce bloc, préalablement chauffé au rouge, constitue une source de chaleur identique pour toutes les expériences.

Pour rendre son refroidissement aussi lent et uniforme que possible, ce cylindre était introduit dans une caisse en tôle à double enveloppe. La caisse intérieure était d'une capacité suffisante pour qu'on pût y introduire facilement le cylindre de fonte chauffé au rouge, dont la surface supérieure restait seule exposée à l'air; l'enveloppe extérieure en était distante de 5 à 6 centimètres. L'intervalle a été rempli d'une brasque cohérente et peu combustible, préparée avec de la poudre de charbon agglomérée avec une dissolution de sucre et de borate d'ammoniaque. Four obtenir encore une plus grande uniformité, on mettait tout cet appareil à l'abri des courants d'air en l'entourant, à quelques centimètres de distance, d'un large cylindre en terre.

L'un des trous du bloc de fonte recevait le réservoir d'un thermomètre à air semblable à celui qu'a décrit récemment M. Berthelot. Dans les deux autres se plaçaient deux tubes minces d'argent, qui les remplissaient presque exactement. Leur bord supérieur, évasé comme celui des tubes de verre d'essais, permettait de les soutenir par deux anneaux métalliques suspendus à une tringle mobile; il était facile ainsi de les soulever plus ou moins et de les enlever instantanément. C'est dans ces tubes que l'on plaçait le sel ammoniac ou l'eau soumis à l'expérience. Leur pesée avant et après l'expérience, fait connaître le poids du corps réduit en vapeur.

Quelques essais préliminaires m'ont appris que l'intervalle de 500 à 420 degrés était le plus convenable pour ces expériences. Au delà de 500°, le refroidissement par le rayonnement extérieur est trop rapide, la quantité de sel volatilisé dans une période de 20° par exemple, est trop faible. Au-dessous de 420°, il en est encore de même, parce qu'on est trop rapproché de la limite où le sol cesse de se volatiliser.

Mais il est clair qu'il ne suffit pas que les tubes d'argent soient toujours exposés à la même source de chaleur pour qu'ils en reçoivent une même quantité. En effet, ils en absorbent d'autant plus qu'ils sont eux-mêmes à une plus basse température. Or, il est évident que lorsqu'ils renferment de l'eau, ils sont maintenus à 100° pendant toute la durée de l'expérience, tandis que, lorsqu'ils sont pleins de sel ammoniac, leur température doit atteindre et même dépasser 350°. Aussi, lorsqu'on fait l'expérience dans les mêmes conditions, tantôt avec l'eau, tantôt avec le sel ammoniac, on observe que la durée du refroidissement de 500 à 420°, est bien moindre dans le premier cas que dans le second, et la différence de ces durées est la mesure de la différence des quantités de chaleur cédées à l'eau ou au sel, puisque toutes les autres conditions du refroidissement par les causes extérieures sont identiques. Si donc on pouvait faire que la durée du refroidissement fût la même dans les deux cas, on pourrait être certain que la même quantité de chaleur a été cédée à l'eau et au sel ammoniac. Cette égalité peut être réalisée, au moins d'une manière approximative, par divers procédés.

On peut activer un peu la volatili sation du sel ammoniac en rendant la masse plus conductrice par la dissémina-

tion d'argent pur en grenaille; mais il est clair que cela ne remédie qu'à la mauvaise conductibilité de ce corps et non à l'élévation de son point d'ébullition ; ce n'est donc qu'en ralentissant la vaporisation de l'eau qu'on peut rétablir l'égalité.

Le moyen le plus simple d'y parvenir consiste à soulever les tubes d'argent de manière que leur fond, au lieu de raser celui des cavités du bloc de fonte, en soit plus ou moins distant. On parvient facilement par quelques expériences à déterminer la hauteur à laquelle il faut les maintenir pour que la durée du refroidissement soit à peu près égale à celle que l'on obtient dans les expériences avec le sel ammoniac. Comme ces tubes bouchent presque exactement les trous du cylindre, il n'en résulte aucune déperdition de chaleur.

J'ai essayé aussi de ralentir la vaporisation de l'eau en ne l'introduisant que goutte à goutte dans les tubes d'argent qui avaient été mis en place à l'avance. L'eau, dans ce cas, prend l'état sphéroïdal et n'étant plus en contact immédiat avec les tubes d'argent, ne se volatilise que très-lentement. Mais, sur un grand nombre d'expériences tentées suivant cette méthode, bien peu ont réussi. Si l'on verse l'eau très-lentement, de manière qu'il n'y ait jamais qu'une goutte dans les cylindres, on tombe dans l'excès opposé à celui qu'on a voulu combattre, le refroidissement est beaucoup trop lent. Si l'on accélère trop la chute des gouttes d'eau, il arrive le plus souvent que, par suite d'un abaissement brusque de température, les tubes se mouillent, d'où résulte une ébullition violente, accompagnée d'une projection d'eau.

Enfin, la méthode qui me paraît donner les meilleurs résultats, parce qu'elle réalise des conditions physiques

qui offrent la plus grande analogie avec celles qui se présentent dans la volatilisation du sel ammoniac, consiste à ne pas mettre l'eau directement dans les cylindres d'argent, mais dans des tubes de verre contenus eux-mêmes dans ces cylindres. Cependant, même avec cette interposition, on est forcé de soulever un peu les tubes d'argent, soit pour éviter une ébullition trop violente qui donnerait lieu à des projections, soit pour ralentir suffisamment le refroidissement.

Pour que les expériences faites à l'aide de cette méthode fussent rigoureusement comparables, il faudrait pouvoir remplir trois conditions.

Si nous désignons par t la durée normale du refroidissement de l'appareil de 500 à 420° par l'action du rayonnement seul, et par t' la durée de la même période lorsqu'une partie de la chaleur est employée à échauffer et à volatiliser une substance placée dans son intérieur, il faudrait :

1° Que la valeur de t fût la même dans toutes les expériences, condition nécessaire pour que l'on puisse affirmer que l'appareil a toujours perdu la même quantité de chaleur.

2° Que la diminution qu'éprouve cette durée $t - t'$ fût aussi la même.

3° Enfin il faudrait encore que la marche du refroidissement fût la même aux divers instants de cette période.

Reprenons successivement ces trois conditions.

J'ai indiqué les précautions prises pour que le refroidissement de l'appareil fût aussi uniforme que possible. Mais cela ne suffit pas pour que la durée du refroidissement soit constante. Il faudrait de plus n'introduire le bloc de fonte dans la caisse où il doit se refroidir que

lorsqu'il aurait atteint une température déterminée. On pourrait le faire avec un thermomètre à air à réservoir métallique. A défaut de cet instrument je n'ai pu estimer la température que par le degré d'incandescence, et l'on sait combien on se trompe facilement dans cette appréciation, quand on ne peut pas la faire d'une manière comparative et simultanée. Aussi ai-je été loin d'obtenir une durée constante de refroidissement.

Mais si l'on ne peut l'obtenir constante, on peut du moins, dans chaque expérience, en connaître la valeur d'une manière assez approchée. En effet, une longue série d'expériences préliminaires, dans lesquelles j'observais la marche du refroidissement de l'appareil seul, les deux trous étant fermés par des obturateurs, m'a montré que l'on pouvait calculer assez exactement la durée de la période de 500 à 420° par l'observation de la durée du refroidissement dans une période inférieure. J'ai choisi celle de 380 à 300°, parce que, dans les expériences où l'on a volatilisé soit de l'eau, soit du sel ammoniac, le refroidissement ne reprend pas immédiatement sa marche normale après qu'on a enlevé les tubes renfermant ces substances. Les parties du bloc de fonte les plus voisines qui ont été refroidies par la proximité de ces matières volatiles, se réchauffent d'abord aux dépens de la température générale de la masse, en sorte que la durée du refroidissement est notablement moindre de 420 à 400° que dans les expériences faites avec l'appareil seul; il y a encore une légère différence de 400 à 380°, mais depuis ce moment la marche du refroidissement redevient régulière.

J'ai indiqué plus haut à l'aide de quels artifices on peut ralentir la volatilisation de l'eau, de manière à ren-

dre la différence de durée $t - t'$ comparable à ce qu'elle est dans les expériences faites avec le sel ammoniac. Mais une égalité absolue est loin de pouvoir être obtenue.

Il est encore plus impossible de régler la marche du refroidissement dans les différentes expériences de manière à ce qu'elle suive la même progression; toutefois il n'y a pas sous ce rapport de grande différence, du moins dans tous les cas où la réduction de durée $t - t'$ est à peu près la même.

Étant, comme on le voit, dans l'impossibilité de réaliser aucune des conditions qui auraient été nécessaires pour que l'on pût accorder une confiance absolue aux résultats obtenus par cette méthode, j'ai dû multiplier assez les expériences relatives à la volatilisation de l'eau, en en variant autant que possible les conditions, pour chercher si elles mettraient en évidence quelque relation simple entre les quantités de chaleur utilisées et les valeurs, soit de t, soit de $t - t'$. On verra, par la discussion de ces expériences, que les relations régulières qui devraient exister entre ces quantités, sont en grande partie masquées par les erreurs accidentelles, mais que l'on peut approximativement considérer simplement la quantité de chaleur consommée comme proportionnelle à la réduction $t - t'$ de la durée du refroidissement, et dans quelles limites on peut être induit en erreur par cette convention.

Je passe à l'exposition des résultats obtenus dans ces expériences.

1° *Refroidissement de l'appareil seul.*

Dans toutes mes expériences j'ai suivi la marche du refroidissement de vingt en vingt degrés de 540 à 300°. Mais je n'ai besoin de rapporter que les durées des deux

périodes de 500 à 420° et de 380 à 300°, puisque ce sont réellement les seules qui soient utilisées pour les expériences ultérieures.

Appréciant les températures au moyen d'un thermomètre à air, dont l'échelle doit être réglée au début de chaque expérience, suivant l'indication du baromètre, j'en ai profité pour supprimer la nécessité de toute correction relative à la température extérieure en la réglant de manière à marquer toujours 20°, température moyenne du local où j'opérais.

Je désigne par T la durée (en secondes) de 380 à 300°, et par *t* celle de 500 à 420°. La moyenne de toutes mes expériences m'ayant donné le rapport de 1,65 : 1 pour ces deux durées, j'ai calculé la valeur de *t* pour chaque expérience d'après ce rapport et je l'ai mise en regard du nombre trouvé par l'observation.

T	*t* (calculé).	*t* (observé).	Différence.
2200	1333	1310	—23
2205	1336	1350	+14
2210	1339	1355	+16
2235	1355	1335	—20
2240	1358	1375	+17
2245	1361	1370	+ 9
2250	1364	1345	—19
2270	1376	1380	+ 4
2275	1379	1365	—14
2285	1385	1380	— 5
2285	1385	1395	+10
2295	1391	1405	+14
2320	1406	1385	—21
2335	1415	1415	0
2365	1433	1440	+ 7

Il va sans dire que la formule $t = \frac{T}{1,65}$ n'est applicable qu'entre les limites pour lesquelles elle a été vérifiée, ou très-près de ces limites. Mais on voit qu'entre ces limites on peut l'employer sans craindre de commettre une erreur de plus de 20 à 25 secondes. On ne peut guère espérer davantage, par suite de l'emploi du thermomètre à air pour la détermination des températures. En effet, l'inertie du mercure est telle dans un tube capillaire, lorsqu'il n'est sollicité que par les variations extrêmement faibles de la force élastique de l'air, que, malgré des secousses continuelles, il ne marche que par soubresauts et qu'il reste toujours une incertitude, allant souvent de 10 à 15 secondes, sur l'instant précis où il atteint un des degrés de l'échelle.

2° *Volatilisation de l'eau.*

Tous les résultats de ces expériences sont résumés dans le tableau ci-joint; mais il exige quelques explications.

Première série. L'eau est introduite directement dans les tubes d'argent; ceux-ci sont placés dans l'appareil à l'instant où le thermomètre marque 500°, et en sont retirés lorsqu'il atteint 420°. Ils sont maintenus pendant la durée de l'expérience à une hauteur convenable pour obtenir une durée de refroidissement à peu près égale à celle que l'on atteint par la volatilisation du sel ammoniac.

L'indication de la température extérieure est nécessaire seulement pour calculer la chaleur employée à échauffer l'eau et les tubes d'argent. J'ai admis dans toutes les expériences qu'ils étaient portés à 100 degrés. A la rigueur il faudrait dans chaque cas, corriger cette température d'ébullition suivant l'indication du baromètre,

Série.	Durée du refroidissement	Poids des tubes d'argent.	Poids des tubes de verre.	Poids de la grenaille d'argent.	Eau portée à l'ébullition.	Eau volatilisée.	Chaleur consommée (c).	Durée du refroidissement de 380 à 300° (T).	Durée de 500 à 420° calculée $\frac{T}{1,65}=t$.	Durée de 500 à 420° observée, t'.	Différence $t-t'$.	Vitesse du refroidissement $v=\frac{c}{t-t'}$.
I	22°	61,532			40,208	21,446	14927	2335″	1445″	1110″	305″	48,9
	20	60,829			49,743	34,115	22576	2275	1379	990	389	58,0
	21	61,532			50,150	20,886	15453	2255	1367	1055	312	49,5
	21	61,538			61,645	30,135	21329	2205	1336	965	371	57,5
II	20				19,5	19,5	12051	2335	1415	1170	245	49,2
	20				24,6	24,6	15178	2265	1373	1095	278	54,6
III	18	60,502	27,203	26,815	30,378	24,864	17552	2435	1476	1165	311	56,4
	18	60,502	27,203	26,815	31,090	24,535	17433	2415	1464	1155	309	56,4
	20	60,817	13,918	41,777	29,303	17,933	13527	2300	1394	1130	264	51,2
	20	60,817	14,020	0	36,035	22,586	16376	2280	1382	1090	292	56,1
	20	60,821	12,570	41,775	25,339	18,600	13547	2270	1376	1105	271	50,0
	19	60,502	27,203	26,815	31,262	22,268	16189	2265	1373	1045	328	49,3
											Moyenne ..	53,1

mais j'ai pensé qu'une aussi faible correction était peu nécessaire pour des expériences soumises à tant d'autres causes d'erreur d'une bien plus grande gravité.

Le poids indiqué pour l'eau portée à l'ébullition est celui de toute l'eau qui avait été introduite dans les tubes;

il comprend donc la portion qui a été réduite en vapeur.

Le calcul de la quantité de chaleur c empruntée à l'appareil ne présente aucune difficulté. Il comprend l'échauffement des tubes d'argent et de l'eau, de la température extérieure ou initiale jusqu'à 100 degrés et la chaleur latente de l'eau volatilisée.

D'après les expériences préliminaires rapportées plus haut, la durée T du refroidissement de 380 à 300°, divisée par 1,65 nous fait connaître le temps t que l'appareil aurait mis à se refroidir de 500 à 420° par l'action seule des causes extérieures. En en retranchant la durée observée t', la différence exprime le temps dont a été abrégé ce refroidissement par la consommation de chaleur intérieure c. La dernière colonne du tableau donne le rapport v de cette quantité de chaleur à l'accélération du refroidissement.

J'ai appelé ce rapport v vitesse du refroidissement. En effet, on peut le considérer, soit comme exprimant le nombre moyen de calories que l'appareil cède aux substances qui y sont introduites, pour chaque seconde dont est abrégée la durée de son refroidissement, soit comme indiquant la quantité de chaleur perdue en moyenne par seconde pendant le refroidissement de 500 à 420° par l'effet du rayonnement seul.

En effet, si nous donnons de v cette dernière définition, la quantité totale de chaleur que perd l'appareil lorsqu'il passe de 500 à 420° par le seul dégagement est exprimée par vt.

Si l'appareil cède à une substance placée dans son intérieur une quantité de chaleur c, ce qui réduit à t' la durée de son refroidissement, comme rien n'est changé par là dans les conditions de son rayonnement extérieur,

la chaleur perdue par rayonnement sera vt'. D'ailleurs la quantité de chaleur totale qu'il perd en passant de 500 à 420° reste la même dans les deux cas, ainsi nous aurons:

$$vt = vt' + c \quad \text{d'où} \quad v = \frac{c}{t-t'}.$$

Ainsi v vitesse du refroidissement par le rayonnement seul est bien donnée par le rapport de la chaleur consommée intérieurement à l'accélération du refroidissement.

Inversément nous aurons aussi :

$$c = v\ (t-t')$$

formule qui nous servira à calculer la chaleur de volatilisation du sel ammoniac, v ayant été déterminé par les expériences faites sur l'eau.

Deuxième série. Les tubes d'argent ont été placés dans l'appareil longtemps avant que sa température se soit abaissée à 500°, en sorte qu'il n'y a pas à tenir compte de leur échauffement. L'eau y est versée goutte à goutte au moyen d'une pipette graduée, de manière à prendre l'état sphéroïdal. Je n'ai rapporté que deux expériences, les seules que j'aie pu conduire jusqu'au bout sans projections.

Troisième série. L'eau est contenue dans des tubes de verre placés eux-mêmes dans les tubes d'argent. En outre quelques grenailles d'argent ont été introduites dans les tubes de verre pour éviter des soubresauts pendant l'ébullition.

Le calcul de la chaleur consommée dans les expériences de cette série, présente une incertitude relative à la température qu'atteignent les tubes d'argent. On ne peut faire à cet égard qu'une hypothèse approximative. En raison de l'analogie qui me semble exister entre ces ex-

périences et celles dans lesquelles on volatilise le sel ammoniac, les tubes d'argent n'étant dans les deux cas en contact que par quelques points avec la matière refroidissante, j'ai admis la même correction, c'est-à-dire que j'ai supposé dans les deux cas ces tubes portés à 350 degrés. Peut-être cette évaluation est-elle, pour le cas actuel, un peu exagérée. Mais l'erreur qui en résulterait se trouve compensée par le fait, que j'ai calculé la chaleur cédée aux tubes de verre en les supposant portés à 100 degrés. Or ces tubes, n'étant qu'à moitié pleins d'eau, étaient réellement portés à une température bien supérieure dans une moitié de leur longueur.

Les données admises pour le calcul de ces quantités de chaleur sont :

0,047 pour la chaleur spécifique de l'argent,
0,197 pour celle du verre,
537 pour la chaleur latente de volatilisation de l'eau.

Au début de ces expériences, j'avais espéré trouver une relation régulière entre la vitesse du refroidissement et la durée T. Il est clair, en effet, que cette relation doit exister. Plus le bloc de fonte a été introduit dans la caisse à une température élevée et y a accumulé de chaleur, plus doit être prolongée la durée du refroidissement et plus doit être grande en même temps la quantité de chaleur perdue par seconde. On aperçoit bien une trace de cette progression régulière dans les expériences de la troisième série, mais dans beaucoup de cas elle est renversée par les causes d'erreur accidentelles, inséparables d'une pareille méthode.

Il résulte de là que, lorsque j'aurai à utiliser la valeur de v pour les observations suivantes sur la volatilisation du sel ammoniac, je me bornerai à conclure des expé-

riences précédentes que cette valeur est en moyenne de 53, mais qu'elle peut varier de 49 à 58.

3° *Volatilisation du sel ammoniac.*

Température.	Tubes et grenailles d'argent.	Sel chauffé à 350°.	Sel volatilisé.	Chaleur pour échauffer l'argent et le sel.	Durée de 380 à 300° (T).	Durée de 500 à 420° calculée, $\frac{T}{1,65} = t$.	Durée de 500 à 420° observée, t'.	Différence $t—t'$.
22	61,655	39,181	14,838	5944	2280″	1382″	1075″	307″
21	61,542	27,462	14,559	4524	2260	1370	1090	280
20	212,869	32,699	14,553	8029	2270	1376	1030	346
20	212,869	23,071	17,331	6844	2250	1364	995	369
19	231,785	30,651	12,752	8157	2340	1418	1105	313
19	231,785	17,899	12,146	6583	2105	1276	985	291

Dans les deux premières expériences le sel ammoniac était seul dans les tubes d'argent, dans les suivantes il était mélangé de grenaille d'argent pour augmenter la conductibilité de la masse.

J'ai admis 350° pour la température à laquelle étaient portés les tubes et leur contenu, et pour la chaleur spécifique du sel ammoniac, le nombre 0,373 obtenu par M. H. Kopp.

On calcule, comme dans les expériences sur l'eau, la différence $t—t'$ qui exprime de combien la durée du refroidissement est diminuée par la consommation de chaleur intérieure.

Cette différence, multipliée par la vitesse du refroidissement v, déterminée par les expériences précédentes, nous fera connaître la quantité de chaleur consommée à

l'intérieur, et en en retranchant celle qui a été employée à échauffer l'argent et le sel ammoniac, on obtient la quantité de chaleur employée à la volatilisation du sel. Cette dernière enfin, divisée par le poids du sel volatilisé dans chaque expérience donne la chaleur latente de volatilisation.

Ce calcul effectué successivement pour la vitesse moyenne ($v=53$) et pour ses limites extrêmes ($v=49$ et $v=58$) donne :

	$v=49$	$v=53$	$v=58$
	613,2	696,0	799,4
	631,6	708,6	804,7
	613,3	708,4	827,2
	648,4	733,5	840,0
	563,0	661,2	783,9
	631,9	727,8	855,8
Moyenne......	617	706	818

Ainsi en définitive, nous trouvons comme valeur moyenne 706, avec une grande probabilité que, malgré les nombreuses causes d'erreur qui affectent de pareilles expériences, la valeur réelle de la chaleur de volatilisation du sel ammoniac soit comprise entre 617 et 818.

A la rigueur on pourrait se passer complétement des expériences de comparaison sur la volatilisation de l'eau et baser tout le calcul sur les expériences faites avec le sel ammoniac. Il suffirait en effet pour cela d'admettre que la vitesse de refroidissement v a dû être la même dans toutes ces expériences, hypothèse qui ne peut être bien loin de la vérité, puisqu'elles ont été faites dans des conditions tout à fait semblables. On a alors six équations de condition pour déterminer deux inconnues, savoir la vitesse de refroidissement et la chaleur latente de volati-

lisation du sel ammoniac, et l'on n'a qu'à calculer les valeurs de ces deux inconnues qui satisfont, avec le moins d'écart possible, à ces équations. Or on trouve par ce calcul, pour la vitesse v le nombre 53,8 qui diffère bien peu de la valeur moyenne trouvée par les expériences sur l'eau, et d'où résulte pour la chaleur de volatilisation en moyenne 724. Mais je ne cite ce résultat que comme confirmation des précédents; il ne mériterait pas, par lui seul, une grande confiance. En effet, par cette méthode de calcul, les erreurs qui peuvent provenir de l'incertitude sur la chaleur spécifique de l'argent et du sel ammoniac à une haute température et sur le degré de chaleur réellement atteint par ces corps, ont une influence beaucoup trop grande sur le résultat, et la coïncidence avec les nombres obtenus par l'autre méthode est certainement accidentelle.

Si nous cherchons maintenant les conséquences que l'on peut déduire de ces résultats, il est impossible de ne pas être frappé de l'accord qui se manifeste entre la chaleur latente de volatilisation du sel ammoniac et celle qu'exigerait sa décomposition chimique, ou ce qui revient au même, celle qui résulte de la combinaison de ses éléments.

En effet, MM. Favre et Silbermann ont trouvé que le gaz acide chlorhydrique et le gaz ammoniac dégagent 743,5 unités de chaleur, lorsqu'ils se combinent pour former un gramme de sel ammoniac[1].

On déduit un résultat presque identique, 755,0, de la série d'expériences par laquelle ils ont déterminé la chaleur de combinaison de ces deux gaz avec l'eau, et celle qui résulte de la combinaison de leurs dissolutions

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3me série, t. XXXVII, p. 421.

étendues, en tenant compte de l'absorption de chaleur provenant de la dissolution du sel ammoniac.

Il est vrai que ce nombre a été déterminé pour la température ordinaire, tandis que mes expériences donnent la chaleur employée pour transformer le sel solide à 350° en gaz également à 350°. Mais il est facile de voir que les corrections nécessaires pour rendre ces résultats comparables les modifieraient très-peu.

En effet, si l'on admet avec M. Regnault, 0,1852 pour la chaleur spécifique du gaz chlorhydrique, et 0,5084 pour celle du gaz ammoniac, et avec M. H. Kopp 0,373 pour celle du sel ammoniac solide, on trouve qu'il faut 123 calories pour chauffer un gramme de sel ammoniac de 20 à 350°, et 95 pour échauffer de la même quantité ses éléments à l'état gazeux. D'où il résulte que la chaleur de combinaison étant de 743,5 à 20 degrés serait de 715,5 à 350° (pour former du sel solide à cette température).

Ainsi la quantité de chaleur trouvée en moyenne, nécessaire pour volatiliser le sel ammoniac, est presque exactement la même que celle qui serait nécessaire pour le décomposer (706 au lieu de 715,5).

Si l'on compare au contraire la chaleur de volatilisation du sel ammoniac avec la chaleur latente des autres corps, en bien petit nombre, il est vrai, pour lesquels elle est connue, on remarque qu'elle est infiniment plus considérable.

L'eau seule en approcherait, mais on sait que sous ce rapport, comme sous celui de sa chaleur spécifique et de sa chaleur latente de fusion, elle occupe une place tout à fait à part parmi tous les corps composés, anomalie qui s'explique, du reste, par la faiblesse de son poids moléculaire.

Le tableau suivant, indiquant les chaleurs latentes de volatilisation de quelques corps, soit pour l'unité de poids, soit pour les poids moléculaires, justifie ces observations :

	CHALEURS LATENTES	
	pour 1 gr.	pour les poids moléculaires.
Éther	91,1	6741
Acide sulfureux	94,5	6048
Acide acétique	101,9	6114
Acide butyrique	114,9	10111
Alcool	208,3	9582
Esprit de bois	263,8	8441
Eau	537	9666
Bichlorure d'étain [1]	46,8	12149
Protochlorure de phosphore [1]	67,2	9220
Chlorure d'arsenic [1]	69,7	12629
Sel ammoniac (minimum)	617	32948

En résumé, je crois pouvoir conclure de ce travail qu'il est excessivement probable que le sel ammoniac est, en grande partie au moins, décomposé en ses éléments lorsqu'il se volatilise. Pour qu'il en fût autrement, il faudrait admettre que ce sel présente une chaleur latente de volatilisation sans analogie avec celle de tous les autres corps pour lesquels elle est connue, et surtout, ce qui me paraît le moins probable, qu'il n'y a presque pas de chaleur dégagée par la combinaison de ses éléments, celle que l'on observe lors de sa formation ne résultant que de sa condensation à l'état solide.

Pour corroborer les résultats précédents, il m'a paru

[1] Pour ces trois corps, la chaleur indiquée, déterminée par M. Regnault, comprend, outre la chaleur latente de volatilisation, toute la chaleur nécessaire pour les porter de 0° à leur point d'ébullition.

très-important d'essayer de déterminer, par la même méthode, la chaleur latente de volatilisation de quelques substances présentant, soit par l'élévation de leur point d'ébullition, soit par l'absence de liquéfaction, quelque analogie avec le sel ammoniac, afin de bien constater que les nombres si élevés obtenus pour ce dernier corps n'étaient pas simplement dus à l'imperfection de la méthode et à des propriétés physiques spéciales.

Mais je dois bien expressément déclarer que je ne veux tirer parti de ces expériences que pour confirmer les précédentes, et que je ne les présente nullement comme donnant une indication approchée de la véritable chaleur de volatilisation de ces substances, et cela pour les raisons suivantes :

1° Je n'ai fait pour chaque corps qu'un trop petit nombre d'essais pour que l'on puisse considérer le résultat moyen comme à l'abri des graves causes d'erreurs accidentelles inhérentes à ce procédé.

2° Les nouvelles expériences ne sont pas absolument comparables aux précédentes, parce que j'ai dû changer l'emplacement de mon appareil et le disposer sous une cheminée de tirage en raison de la nature des substances que je voulais volatiliser.

3° Au moment où je les ai faites, le cylindre de fonte de mon appareil commençait à être fortement détérioré et déformé. Enfin, j'ai dû remplacer les tubes d'argent contenant la substance à volatiliser par des tubes de verre.

Toutefois, pour qu'on ne s'exagère pas l'importance de ces différences, je dois ajouter que j'ai refait, en terminant cette seconde partie de mon travail, deux nouveaux essais sur le sel ammoniac, exactement dans les

mêmes conditions que pour les autres substances dont je parlerai tout à l'heure. Ces expériences, dont il est inutile d'exposer tous les détails, calculées avec la vitesse de refroidissement moyenne $v=53$, m'ont donné pour la chaleur de volatilisation 759 et 788. Ces résultats sont un peu supérieurs à ceux que j'ai exposés plus haut, comme on pouvait s'y attendre; car le bloc de fonte, ayant notablement perdu de son poids dans cette longue série d'expériences, ne devait plus céder une aussi grande quantité de chaleur.

On peut conclure de là que tous les résultats suivants sont généralement un peu trop élevés comparativement à ceux des premières séries d'expériences.

Acide arsénieux. — J'ai dû me borner à constater l'impossibilité de déterminer sa chaleur latente de volatilisation par la méthode précédente, du moins dans les mêmes conditions, à cause de la trop grande élévation de son point d'ébullition. Après l'avoir soumis, dans mon appareil, à la température de 500 à 420 degrés, je l'ai retrouvé, contre mon attente, presque entièrement fondu, mais n'ayant perdu que un à deux grammes par volatilisation. Dans ces conditions, la quantité de chaleur employée à cette volatilisation serait inférieure à l'erreur probable sur la quantité totale de chaleur consommée.

Protochlorure de mercure. — J'attachais une grande importance aux expériences sur ce corps, parce qu'il offre les mêmes conditions physiques que le sel ammoniac, absence de fusion et température de volatilisation très-élevée.

J'ai opéré une première fois avec les tubes d'argent, mais ils ont été fortement attaqués; dans les deux expériences suivantes, je les ai remplacés par des tubes de verre.

Je ne connais aucune indication sur la température d'ébullition de ce corps, si l'on peut employer ce terme pour une substance qui ne passe point par l'état liquide. Elle est certainement beaucoup plus élevée que pour le sel ammoniac. On en a la preuve par le fait que la présence de ce corps n'accélère que fort peu le refroidissement de l'appareil, et que les vapeurs qui se forment assez abondamment aux débuts de l'expérience cessent presque complétement avant la fin. Je crois cette température comprise entre 420 et 500°; toutefois, pour être certain que le résultat fût plutôt au-dessus qu'au-dessous de la réalité, j'ai supposé que les tubes et la matière non volatilisée avaient été portés seulement à 400°.

La chaleur spécifique admise est 0,052 d'après M. Regnault.

Voici les résultats des trois expériences.

	I	II	III
Température initiale	18°	18°	16°
Tubes d'argent	56,343	»	»
Tubes de verre	»	27,202	27,625
Sel chauffé à 400°.	43,869	50,266	23,572
Sel volatilisé.	16,072	18,793	14,865
Chaleur employée à échauffer les tubes et le sel	2098	3048	2560
Durée de 380 à 300 degrés (T)	2225″	2225″	2220″
$t = \frac{T}{1,65}$	1348	1348	1345
t' = durée de 500 à 420 degrés	1270	1265	1260
$t - t'$	78	83	85
Chaleur totale consommée = 53 $(t - t')$	4134	4399	4505
Chaleur latente de volatilisation	2036	1351	1945
Soit pour un gramme de sel . . .	127	72	131

On rencontre, dans cette détermination, une cause d'incertitude qui ne se présente pas avec le sel ammoniac et qui tient à l'élévation du point d'ébullition, et, plus encore, à la grande densité de la vapeur du protochlorure de mercure et des particules provenant de sa condensation. C'est qu'une partie du sel volatilisé se condense à l'orifice même des tubes et y forme un dépôt cohérent, qui s'augmente surtout vers la fin de l'expérience. Or, il est impossible que cette condensation, produite en grande partie par le contact de l'air extérieur, restitue à l'appareil toute la chaleur ou même une partie notable de la chaleur qu'a exigée la formation de cette vapeur. On doit donc trouver un résultat trop élevé quand on tient compte de cette portion de matière comme non volatilisée. Dans la seconde expérience, j'ai détaché ce dépôt des tubes avant de les peser, ce qui revient à le considérer comme ayant été complétement volatilisé. On voit quelle différence il en résulte pour la valeur de la chaleur latente; il est probable que la vérité serait entre ces deux limites.

En tout cas, on le voit, il n'y a aucun rapport entre ces résultats et ceux qu'a donnés le sel ammoniac; l'élévation inusitée de ces derniers ne tenait donc pas au procédé de détermination.

Le calomel éprouve-t-il une décomposition en se volatilisant? M. Debray a annoncé récemment[1] qu'il avait observé qu'une lame d'or exposée dans sa vapeur n'était point blanchie. Comment concilier cette affirmation avec celles, absolument contraires, de M. Odling et de M. Erlenmeyer[2]? Pour moi, ayant suspendu une lame d'or à

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome LXVI, p. 1339.

[2] *Annalen der Chemie und Pharmacie*, tome CXXXI, p. 124.

l'orifice de l'un des tubes en verre de mon appareil, j'ai trouvé sous la croûte de protochlorure qui l'avait recouverte une surface très-légèrement blanchie.

Mais le résultat obtenu, quant à la chaleur latente de volatilisation, me porte à croire que s'il y a un commencement de dissociation, il est du moins extrêmement limité.

Bichlorure de mercure. — Ce sel ne présente plus, dans sa volatilisation, les mêmes conditions que le sel ammoniac, car il fond avant de se volatiliser. Je ne connais aucune indication sur son point de fusion et son point d'ébullition ; je les ai trouvés de 273° et 296°.

La chaleur spécifique est 0,069 d'après M. Regnault.

Sa volatilisation doit se faire dans des tubes de verre, l'argent étant très-fortement attaqué.

La chaleur latente de fusion de ce sel étant inconnue, j'ai eu soin, pour diminuer autant que possible l'influence de cette quantité inconnue, d'opérer sur une quantité telle que la totalité du sel fût volatilisée avant la fin de l'expérience. Il en résulte que les tubes de verre ont dû être portés à peu près à la température de l'appareil lui-même. J'ai admis dans le calcul qu'ils avaient été chauffés à 400°.

J'ai fait deux expériences sur ce sel:

	I	II
Température initiale	20°	16°
Tubes de verre chauffés à 400°	26,952	27,625
Sel chauffé à 296° et volatilisé	46,480	49,955
Chaleur employée à échauffer les tubes et le sel	2902^c	3055^c
T (380 à 300°)	2250″	2250″
t' (500 à 420°)	1270″	1280″
$t-t'$	94″	84″
Chaleur totale consommée = 53 $(t-t')$	4982	4452
Chaleur latente	2080	1397
Soit pour un gramme	44,7	27,9

Ces résultats comprennent à la fois la chaleur latente de fusion et celle de volatilisation.

Mercure. — Les expériences faites sur ce métal présentent la même difficulté que j'ai signalée pour le calomel, avec cette différence seulement que le métal condensé en gouttelettes à l'orifice des tubes retombe incessamment à l'intérieur. Il est certain que l'on doit, par suite de ce fait, obtenir des résultats trop élevés.

J'ai fait trois essais très-concordants:

	I	II	III
Température initiale	17°	17°	19°
Tubes de verre chauffés à 358°	27,420	27,420	27,420
Mercure chauffé à 358°	139,305	188,625	162,585
Mercure volatilisé	67,230	66,765	50,605
Chaleur employée à échauffer les tubes et le mercure	3423	3983	3688
T (380 à 300°)	2310″	2190″	2315″
t' (500 à 420°)	1190	1105	1235
$t-t'$	210	222	168
Chaleur totale consommée	11130	11766	8904
Chaleur latente	7707	7783	5216
Soit pour un gramme	114	116	103

Acide sulfurique monohydraté (purifié par cristallisation). — Trois expériences faites avec cet acide m'ont donné les résultats suivants :

	I	II	III
Température initiale.	16°	16°	19°
Tubes de verre chauffés à 330° .	27,625	27,625	27,420
Acide chauffé à 330°	31,286	31,865	34,020
Acide volatilisé.	27,473	29,295	28,155
Chaleur employée à échauffer les tubes et l'acide	5137	5201	5372
T (380 à 300°)	2230″	2255″	2255″
t' (500 à 420°)	1100	1080	1085
$t-t'$	251	287	282
Chaleur totale consommée	13303	15211	14946
Chaleur latente	8166	10010	9574
Soit pour un gramme	297	342	340

On a admis pour ce calcul 0,349 pour la chaleur spécifique de l'acide sulfurique (d'après MM. de la Rive et Marcet).

Bien que ces résultats soient inférieurs de plus de moitié à ceux que nous avons obtenus pour le sel ammoniac, ils paraissent cependant encore bien élevés, si on les compare à ceux qu'ont donnés d'autres acides.

Il est à remarquer d'un autre côté qu'ils se rapprochent tout à fait de la chaleur de combinaison de l'acide sulfurique anhydre et de l'eau, autant du moins qu'on peut l'apprécier.

En effet, il résulte des expériences de M. Abria [1] que cette chaleur de combinaison est de 237^{c},13 pour un gramme d'acide anhydre, soit de 18970^{c} pour une molécule (80) d'acide se combinant avec une d'eau (18),

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3me série, tome XII, p. 176.

mais ce chiffre se rapporte à la température ordinaire, soit environ 20°. Pour avoir la chaleur de combinaison à 330°, il faudrait y ajouter :

1° La chaleur nécessaire pour échauffer 18 grammes d'eau de 20 à 100° et les volatiliser, soit 11106 calories.

2° Celle employée à chauffer la vapeur d'eau de 100 à 330°, soit 1989 calories.

3° La chaleur latente de volatilisation d'une molécule d'acide sulfurique anhydre, complétement inconnue. Si l'on se reporte au tableau que j'ai donné précédemment des chaleurs latentes des principaux corps qui varient entre 6000 et 10000, on peut l'évaluer approximativement à 8000 calories.

4° La chaleur nécessaire pour porter les 80 grammes d'acide anhydre de 20° à 330°. La chaleur spécifique de ce corps étant inconnue, on ne peut encore adopter qu'un nombre hypothétique. On ne s'éloignerait probablement pas beaucoup de la vérité en supposant 0,19 (intermédiaire entre les chaleurs spécifiques de l'acide sulfureux et de l'oxygène), ce qui porte cette quantité de chaleur à 4712 calories.

En revanche, il faudrait retrancher la chaleur nécessaire pour porter 98 grammes d'acide sulfurique monohydraté de 20 à 330°, soit 10602 calories.

On trouve ainsi 34175 calories pour valeur approximative de la chaleur de combinaison de l'acide sulfurique monohydraté à 330° pour une molécule ou pour un gramme 348 calories.

Ainsi la chaleur latente de volatilisation paraît être sensiblement égale à la chaleur de décomposition. Ce résultat donne une grande probabilité à l'hypothèse de la décomposition de l'acide sulfurique admise par MM. Wan-

klyn et Robinson[1], à la suite de leurs expériences sur la diffusion de sa vapeur.

En commençant ce travail, j'avais plutôt l'idée de le faire à titre d'essai, pour apprendre, par la pratique de mon appareil, construit assez grossièrement, quels seraient les perfectionnements qu'il conviendrait d'y apporter pour le rendre susceptible de fournir des résultats exacts. Je dois dire que les nombreuses expériences que j'ai faites m'ont inspiré la conviction que l'on pourrait sans doute l'améliorer de manière à obtenir une plus grande concordance dans les résultats, mais qu'il est peu probable que l'on parvînt à fonder sur son emploi une méthode susceptible de quelque précision.

Il serait bien à désirer cependant qu'un habile physicien parvînt à découvrir un procédé un peu exact pour mesurer les chaleurs consommées dans des réactions qui se passent à de hautes températures. On pourrait résoudre par là bien des questions d'une grande importance pour la chimie.

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences,* tome LVI, p. 547.

POLARISATION ÉLECTRIQUE ET INÉGALITÉ [1]

DES

ÉLECTRODES DE ZINC AMALGAMÉ

DANS LE SULFATE DE ZINC

PAR

M. ÉDOUARD PATRY

Dans une série d'expériences sur la résistance galvanique des liquides pendant lesquelles j'assistai M. Paalzow, à Berlin, la polarisation et l'inégalité des soi-disant électrodes impolarisables se présentèrent comme des causes d'erreurs. Je fus alors engagé par lui à étudier spécialement cet objet; je le fis avec l'aide de ses bons conseils.

On obtient, comme on le sait, des électrodes impolarisables en mettant du zinc amalgamé dans du sulfate de zinc. En employant, suivant la prescription, le zinc et le sulfate du commerce, j'ai trouvé que la polarisation et l'inégalité étaient toujours très-sensibles, tant que la résistance du circuit n'était pas très-considérable. Je remarquai que de très-nombreuses bulles de gaz se fixaient à la surface des électrodes, et qu'une flamme allumait ces bulles, ce qui montrait que le gaz qu'elles contenaient était de l'hydrogène. J'admis alors qu'il existait dans la dissolution de l'acide sulfurique libre; je le saturai au moyen de carbonate de zinc, mélangé à la dissolution, portée à 100° pendant deux à trois heures.

[1] L'auteur désigne par *inégalité* la non-identité des électrodes qui fait que, indépendamment de toute autre circonstance, ils donnent naissance à un courant électrique. (*Réd.*)

Cette ébullition est nécessaire, car l'expérience me montra que le simple mélange ne produit qu'un effet très-faible. La dissolution filtrée contenait le sulfate de zinc, une quantité infiniment faible de carbonate de zinc et du sous-sulfate, $SO^3, 3\,ZnO$, formé pendant l'ébullition. Ce mélange donna une polarisation beaucoup plus faible.

Je fis alors la comparaison entre la polarisation et l'inégalité qui avaient lieu avec le sulfate de zinc ordinaire, et celles qui se produisaient avec la dissolution que j'avais traitée avec le carbonate de zinc. Je mesurai ces différentes valeurs.

Pour cela, je pris des auges en verre de 80^{mm} de longueur, 30^{mm} de largeur et de hauteur. Les électrodes en zinc amalgamé avaient 75^{mm} sur 18. Un prolongement de la lame de zinc permettait de fixer le fil conducteur en dehors du liquide.

Cette auge pouvait, au moyen d'un commutateur, être mise dans un circuit formé d'une boussole galvanométrique à miroir et d'un pont de Wheatstone destiné à permettre l'introduction d'un courant. Le même commutateur faisait communiquer les électrodes entre elles lorsque l'appareil étoit hors du circuit.

La résistance de la boussole galvanométrique à miroir était de 694 unités de Siemens, tandis que celle de l'auge était seulement de 3 à 4 ; cette dernière pouvait donc être négligée vis-à-vis de la première.

D'un autre côté, l'élément Daniell qui alimentait le pont était accompagné d'un rhéostat portant 162 unités et permettant de négliger les variations de la pile dont la résistance était égale à une unité environ. Ce rhéostat et la position du curseur du pont étaient tels que la pile ne pouvait fournir qu'un centième de sa force électromotrice.

Avant tout, quelques expériences me montrèrent que la pile était suffisamment constante.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE. *Sulfate de zinc sans préparation.*

L'inégalité donne les chiffres suivants pour la déviation du miroir :

18^{mm}	au bout	d'une	minute.	
20	»	de	5	»
23	»	de	10	»
15	»	de	30	»
12	»	de	20	»
12	»	de	40	»
12	»	de	60	»

Ce nombre 12 peut être considéré comme constant au bout d'un certain temps. Nous montrerons plus tard comment on déduit de ce chiffre la force électromotrice.

Polarisation. — Le courant étant envoyé à travers l'auge, puis directement, nous obtenons : en premier lieu la force du courant moins la polarisation, plus ou moins l'inégalité, suivant le sens ; en second lieu le courant seul.

Soient C le courant,
P la polarisation,
I l'inégalité ;

l'expérience nous donne les résultats suivants :

$$C - P - I = 498^{mm}$$
$$C = 519^{mm},$$
soit $$P + I = 21. \qquad (1)$$

Envoyons le courant dans l'autre sens :

$$C - P + I = 487$$
$$C = 484,$$
$$I - P = 3. \qquad (2)$$

Combinant (1) et (2), nous obtenons :

$$\text{Inégalité} = 12^{mm},$$
$$\text{Polarisation} = 9^{mm}.$$

Ces expériences sont confirmées par le résultat que nous avons obtenu plus haut pour l'inégalité.

SECONDE EXPÉRIENCE. *Sulfate de zinc traité par le carbonate.*

Il donne très-rapidement :

$$I = 3^{mm} = \text{constante}.$$

Puis envoyant le courant :

$$C - P + I = 462$$
$$C = 459.$$

Dans l'autre sens :

$$C - P - I = 476$$
$$C = 469,$$

d'où :

$$I = 3$$
$$P = 0.$$

Calcul de la force électromotrice due à l'inégalité et de celle due à la polarisation des électrodes.

Nous avons un circuit dans lequel nous pouvons introduire trois forces électromotrices. Elles sont proportionnelles à la déviation produite par chacune d'elles. Soit 500^{mm} la déviation moyenne produite par $^1/_{100}$ de la pile, la *force électromotrice* correspondant à un *millimètre* sera 0,00002.

Nous en déduisons donc que la force électromotrice due à l'inégalité est, avec la première dissolution :

0,00024 d'une pile Daniell;

avec la deuxième dissolution :

0,00006.

La force électromotrice due à la polarisation est dans le premier cas :

$$0,00018,$$

dans le deuxième cas elle est nulle.

Cette même méthode, appliquée à l'acide sulfurique de densité 1,08 à 27° et à des électrodes de zinc amalgamé, donne :

$$I = 25^{mm}$$
$$P = 15^{mm}.$$

La pile produisant une déviation de 480^{mm}, les forces électromotrices sont :

$$I = \frac{25}{48000} = 0,00052$$
$$P = \frac{15}{48000} = 0,000312.$$

En *résumé* nous voyons que le *sulfate de zinc* avec des électrodes de zinc amalgamé donne une *Inégalité* et une *Polarisation* importantes lorsqu'il contient de l'acide sulfurique libre, et que l'on opère avec des résistances faibles.

Nous voyons de même que ces forces peuvent être réduites, la première au quart de ce qu'elle était, la seconde à zéro en neutralisant l'acide libre par le carbonate de zinc.

NOTICE SUR LA QUATRIÈME ANNÉE

DES

OBSERVATIONS THERMOMÉTRIQUES ET PLUVIOMÉTRIQUES SUISSES

ACCOMPAGNÉE

DE L'ANALYSE DE QUELQUES TRAVAUX RÉCENTS

DE

MÉTÉOROLOGIE HELVÉTIQUE

lue à la séance de la Société genevoise de Physique et d'Histoire naturelle

du 3 septembre 1868

PAR

M. le professeur GAUTIER.

M. le professeur Rodolphe Wolf, directeur de l'observatoire de Zurich et du Bureau central des observations météorologiques du réseau suisse qui y est établi, a publié récemment, dans le cahier de novembre 1867 du Recueil in-4° de ces observations, le tableau général des températures moyennes, mensuelles et annuelles, observées de décembre 1866 à novembre 1867, dans 73 stations de ce réseau, ainsi que celui de l'eau de pluie et de neige tombée pendant le même intervalle dans 42 de ces stations. Je profiterai de ces tableaux pour présenter à notre Société une Notice sur cette quatrième année d'observations, faisant suite à celles que j'ai rédigées sur les trois premières. Plus le nombre de ces années s'accroît, plus les résultats offrent d'intérêt, en permettant d'obtenir des valeurs moyennes plus exactes, et en donnant la mesure des variations qui ont lieu d'une année à l'autre.

Je saisirai aussi cette occasion pour faire mention de quelques travaux récents de météorologie suisse, la plupart fondés sur les mêmes observations.

Températures.

Le tableau de la troisième année d'observations, publié dans le numéro de juillet 1867 des *Archives des Sciences physiques et naturelles,* renfermait les températures moyennes de l'année et des quatre saisons en 76 stations. On ne trouvera plus, dans celui de la quatrième année, d'observations faites à Morges, Dizy, Fribourg, la Chaux-de-Fonds, Gliss, Stanz, Zug, Glaris, Zurzach, Stalla, Faido, Mendrisio et à la Bernina. Mais il y en aura, en revanche, de celles faites aux autres stations de la troisième année, ainsi qu'à Saint-Imier, à la Val Sainte, à Gersau, à Kaiserstuhl, à Davos et au Grimsel. Il manque un mois d'observations à Soleure, à Brusio, à Thusis et au Righi, et deux mois à Bex, Rathausen et Auen. Mais ces stations n'en sont pas moins comprises dans le tableau annuel de M. Wolf, avec leurs moyennes, et je les ai insérées, telles quelles, dans celui qui est joint à ma Notice. Je n'y ai pas compris les stations de Glaris, du Grindelwald et de Stalla, où les observations ont été très-incomplètes, ce qui réduit à 70 le nombre de celles de mon tableau ci-joint.

L'année dont je m'occupe maintenant a été dans son ensemble, pour la Suisse, un peu plus chaude que la moyenne des trois précédentes, mais la température s'y est fort abaissée en janvier. Le *maximum* de froid a été, comme dans l'année précédente, observé à Bevers en Engadine, à 1715 mètres d'altitude. Ce *maximum* y a été

de — 27°,2 centigrades le 5 janv. et il a été le même jour
de — 25,5 aux Ponts de Martel, près du Locle,
— 25,3 au village de Splügen,
— 24,2 à Zernetz,
— 23,7 à Andermatt.

Au Saint-Bernard, au Simplon, à Genève et en beaucoup d'autres stations, c'est le 18 janvier qui a été le jour le plus froid ; et le *minimum* annuel de température a été
de — 19°,8 au Saint-Bernard,
— 19,7 au Julier,
— 16,8 au Simplon,
— 16,0 à Genève,
— 12,2 à Zurich,
— 10,2 à Bâle et à Neuchâtel,
— 8,2 à Montreux.

On voit qu'il y a eu ce jour-là un coup de froid bien plus prononcé à Genève que dans d'autres villes de Suisse dont la température moyenne est, en général, un peu moins élevée que la nôtre, et surtout qu'à Montreux ; mais je ne crois pas que cette dernière station soit pourvue d'un thermométrographe indiquant les *Minima* de température ; il en est de même au Saint-Bernard et dans un grand nombre de stations du réseau suisse.

La plus grande élévation du thermomètre observée dans l'année a été de 33°,9 le 21 août à Lugano. Le *maximum* annuel a été de 32°,1 à Genève et à Bex le 20 août,
de 32,0 à Neuchâtel le 14,
et seulement de 29,3 à Montreux le 15.

Quant aux moyennes annuelles, je n'ai pris, de même que pour les années précédentes, pour Genève, le Simplon et le Saint-Bernard, comme pour les autres sta-

tions, que celles résultant des températures de 7 heures du matin, 1 heure et 9 heures du soir, et je les ai trouvées respectivement de 10°,2; 2°,2 et —0°,2; tandis qu'elles étaient en 1866 de 10,3; 1,7 et —1,0.

Dans la plupart des stations, en 1867, la température moyenne du printemps s'est fort rapprochée de celle de l'année, tandis que la moyenne de l'automne est plus basse, d'environ un degré, que la moyenne annuelle. Il y a eu à Genève, dans la nuit du 24 au 25 mai, une petite gelée extraordinaire, qui a causé un grand dommage aux vignes de ce canton. M. Plantamour observe, dans son *Résumé météorologique* de 1867 (*Archives*, octobre 1868, p. 101), que la première gelée a eu lieu en 1867 le 6 octobre, plus tôt de trois semaines que de coutume, de sorte que, quoique la température moyenne annuelle de cette année-là ait été plus élevée que la moyenne des 42 années antérieures, la partie froide a été beaucoup plus étendue, et la portion de l'année pendant laquelle il ne gèle pas a été plus courte de près de deux mois.

La nouvelle station du bourg de Gersau, située au pied sud du Righi, sur le bord du lac de Lucerne, paraît être, comme Sion, particulièrement chaude. L'hiver, le printemps et l'automne y ont été plus doux qu'à Genève, mais l'été un peu moins chaud. La température moyenne annuelle y a été de 10°,4; le *maximum* de 27°,6 et le *minimum* de — 7°,0.

En revanche, la station des Ponts de Martel, dans le Jura neuchâtelois, est très-froide. La moyenne annuelle y a été de 6°, la même que celle de la montagne de Chaumont, plus élevée de 129 mètres, et l'hiver y a été notablement plus rigoureux.

La nouvelle station de Davos dans les Grisons, un peu

moins élevée que celle de Bevers, paraît être aussi très-froide, surtout en la comparant à celle de Græchen en Valais, située presque à la même hauteur. Les *maxima* annuels de chaleur y ont été à peu près les mêmes, mais les *minima* diffèrent de 8 degrés, et les moyennes annuelles de 2°,3.

Observations de M. Marguet, à Lausanne.

On doit regretter que les observations régulières aient cessé dans deux stations du canton de Vaud, celles de Morges et de Dizy, et que Lausanne n'ait pas été comprise dans le réseau fédéral. Mais heureusement, M. Jules Marguet, actuellement professeur de mathématiques à l'académie de cette dernière ville, y a fait, en son particulier, depuis 1859, des observations météorologiques très-soignées, dont il a bien voulu me communiquer tout récemment les résultats. Ils ont pour nous un intérêt spécial, à cause de notre voisinage, et de l'importance que présente le chef-lieu d'un aussi beau et grand canton suisse. Je vais, en conséquence, en donner ici un aperçu sommaire.

M. Marguet a commencé ses observations thermométriques et barométriques dans le local de l'École spéciale de Lausanne, à une hauteur de 519 mètres au-dessus du niveau de la mer et de 140 mètres au-dessus de celui du lac de Genève. Son pluviomètre est dans un jardin, à 513 mètres au-dessus de la mer, et il observe aussi les vents et l'état du ciel.

Jusqu'en 1865, lui et son fils faisaient leurs observations à 8 heures du matin, à midi, à 2 heures et à 4 heures du soir, et ils avaient aussi des thermométrographes à *maximum* et *minimum*. Dès lors M. Marguet s'est borné, pour les températures, aux indications de

ces derniers instruments, en appliquant à leurs moyennes diurnes une petite correction, déduite d'un travail de comparaison avec les observations bihoraires faites à Genève, publié par lui en 1860, dans le tome IX de nos *Archives*.

Il a fait insérer successivement, dans les *Bulletins de la Société Vaudoise des sciences naturelles*, des résumés détaillés et fort intéressants de ses observations. Ceux des années 1861 et 1862 ont paru dans le tome XVIII des *Archives* de Genève.

D'après M. Marguet, la température moyenne de Lausanne, qui résulte de l'ensemble de ses observations et de comparaisons nombreuses avec Genève, est de 8°,6 pour la période de 1826 à 1860 : tandis que celle de Genève, pendant le même intervalle, a été de 9°,2. La différence correspond assez exactement à celle des altitudes des deux stations, qui est d'environ 111 mètres.

Quant à l'année dont je m'occupe maintenant, et où les observations de M. Marguet ont été faites à Lausanne, au Pré du Marché, n° 3, à une altitude de 513 mètres, la moyenne annuelle a été de 9°,96; égale, à un 100me de degré près, à celle de Genève telle qu'elle résulte de l'ensemble des observations. Celles des quatre saisons ont été respectivement à Lausanne :

de 3°,45 ; 9°,6 ; 18°,0 et 8°,8.

Les extrêmes annuels thermométriques y ont été de —9°,6 le 6 janvier, et de 28°,3 le 20 août. On voit qu'ils sont sensiblement moins éloignés de la moyenne que ceux de Genève, surtout pour le *minimum*.

M. Marguet, pour faciliter les calculs et y faire éviter de fréquentes erreurs de signe, a adopté un mode particulier de notation des observations thermométriques. Il

désigne par 100 la température de la glace fondante, et par 200 la température de l'eau bouillante, ce qui permet d'éviter les signes négatifs. Ainsi, pour en donner un exemple, la température de —8°,6 est notée par lui 91°,4. C'est de cette manière que ses observations se publient journellement dans les journaux vaudois l'*Estafette* et la *Gazette de Lausanne.*

La hauteur moyenne en millimètres de la colonne de mercure de son baromètre, réduite à la température de la glace fondante, est de 717mm,8 d'après les observations de 1836 à 1860. M. Marguet n'observe plus le baromètre qu'à midi, après avoir constaté que cette seule observation donne, avec une exactitude suffisante, la hauteur moyenne diurne. Ces résumés renferment beaucoup de tableaux graphiques relatifs à ses observations. Ces tableaux ont spécialement pour objet de comparer les variations des éléments météorologiques avec la succession des phases de la lune, afin de chercher à vérifier si ces phases exercent réellement quelque influence sous ce rapport. M. Marguet a publié en 1866, dans le Bulletin de la Société vaudoise, une Note assez curieuse sur ce sujet, d'après laquelle les résultats de douze années de ses observations sembleraient donner quelque poids à une Table anglaise qui lui a été communiquée, et qui annonce le temps d'après les heures du jour et de la nuit où ces phases ont lieu. Mais il se garde bien cependant, comme il le dit lui-même, d'en rien conclure encore de positif. Je dirai plus bas quelques mots sur le résultat de ses observations pluviométriques.

Notices météorologiques de M. Hirsch.

J'ai reçu dernièrement aussi deux Notes imprimées de M. le professeur Hirsch, directeur de l'observatoire de Neuchâtel, qu'il a lues à la Société des sciences naturelles de cette ville, le 19 décembre 1867 et le 6 février 1868, et qui ont paru dans le *Bulletin* des séances de cette Société.

La première est relative à la *Diminution de la température avec la hauteur*. M. Hirsch s'était déjà occupé de la recherche de cette diminution, par la comparaison des observations thermométriques faites en 1864 à Neuchâtel et à la montagne de Chaumont, la différence d'altitude de ces deux stations étant d'environ 662 mètres. Il a continué cette comparaison pour les deux années suivantes, et en a dressé des tableaux correspondant aux moyennes de mois pour les trois observations diurnes de 7 heures du matin, 1 heure et 9 heures du soir. La différence moyenne de température entre les deux stations, résultant des trois années d'observations, est de 3°,488 ; ce qui donne 0°,527 pour la diminution de température correspondant à 100 mètres d'élévation. On voit par là qu'un abaissement thermométrique d'un degré centigrade correspond, en moyenne, à une élévation de 190 mètres. Cette valeur est identique avec celle qui a été déduite de la longue série d'observations faites à Genève et au grand Saint-Bernard. Mais les différences suivant les saisons et les heures sont considérables, et la marche de la diminution de température avec la hauteur n'est point complétement la même dans les différentes années. Il se présente même assez souvent, en décembre et en janvier, une singulière interversion de température, dont je reparlerai plus bas.

M. Hirsch s'est attaché à étendre ses recherches, en choisissant dans le réseau d'observations suisses un certain nombre de combinaisons de deux stations, présentant une grande différence de niveau, en même temps qu'une petite distance horizontale. Ainsi, il a combiné le Saint-Bernard avec Martigny ; le Saint-Gothard, d'un côté avec Andermatt et Altorf, de l'autre avec Faido et Bellinzone ; le Saint-Bernardin avec le Splugen et Thusis du côté nord, et avec Bellinzone du côté sud ; le Julier d'un côté avec Sils et Bevers, de l'autre avec Stalla ; le Righi avec Zug, l'Utlieberg avec Zurich, etc. Le tableau des résultats de ces calculs, pour les trois années d'observations, frappe d'abord par la diversité assez considérable des valeurs. Ainsi Julier combiné avec Stalla donne 0°,768 de décroissement de température pour 100 mètres d'élévation, tandis que Julier avec Bevers ne donne que 0°,505 : ce qui tient à la grande froidure de cette dernière station. La moyenne des quinze déterminations alpestres donne 0°,572 pour 100 mètres, les quatre principales du côté du Sud donnent 0°,672 et les huit du côté du Nord 0°,532. Cela correspond respectivement à 149 et à 188 mètres d'élévation pour un abaissement de température d'un degré. M. Hirsch désirerait quelques stations d'observations de plus pour cette étude de physique terrestre ; par exemple Brieg et Gsteig pour utiliser les observations du Simplon ; Airolo et Misocco au Sud du Saint-Gothard et du Bernardin.

La seconde Note de M. Hirsch a pour objet : *L'interversion de température entre Neuchâtel et Chaumont, et dans la Suisse en général, qui a eu lieu pendant l'hiver de 1866 à 1867*. Cette interversion avait déjà été observée par lui entre Neuchâtel et Chaumont depuis l'hiver de 1863 à

1864, à peu près à la même époque, à diverses reprises, pendant 18 à 20 jours. Dans l'hiver de 1866 à 1867 l'anomalie a eu lieu à six reprises différentes, de novembre à février, et elle a été comprise entre 0°,5 et 7°,6; elle a été le plus souvent de 2 à 6 degrés, même sans qu'il y eut de brouillard à Neuchâtel, et par une clarté du ciel à peu près la même aux deux stations. Ainsi, par exemple, du 18 au 26 décembre 1866, le thermomètre a été plus élevé en moyenne, de 4°,47 à Chaumont qu'à Neuchâtel. Il était alors plus bas, de près de 5°, aux Ponts de Martel qu'à Neuchâtel, quoique le ciel fût tout aussi clair aux Ponts qu'à Chaumont. A la même époque, à Sainte-Croix, dans le Jura vaudois, à une altitude peu inférieure à celle de Chaumont, la température a été à peu près aussi élevée.

M. Hirsch a constaté qu'à la même époque il y avait eu aussi interversion de température entre Zurich et l'Uetliberg, entre le Righi et Gersau, entre le Saint-Bernard et Martigny, entre le Julier et Bevers. Au Saint-Gothard et au Bernardin la température, en ces mêmes jours, diminuait fortement à partir du sommet jusqu'à une altitude de 1500 mètres, pour se relever ensuite jusque dans les stations inférieures des vallées, où il faisait, cependant, encore plus froid qu'au sommet.

L'hypothèse de deux couches d'air superposées, ayant une température et une humidité différentes, représente assez bien, selon M. Hirsch, les faits observés, pourvu qu'on admette des variations de hauteur considérables à la surface limite des deux couches. Un état calme de toute l'atmosphère en Suisse paraît être une condition absolue et générale de ce phénomène d'interversion de la température. M. Hirsch présume qu'alors l'air des hau-

teurs, refroidi et devenant plus lourd, coule lentement le long des pentes des montagnes et stationne finalement dans les vallées et les plaines, dont l'air plus chaud va remplacer l'autre sur les hauteurs. Mais cette explication lui paraît laisser beaucoup à désirer; et l'on ne peut, dit-il, en espérer une satisfaisante, que par une observation serrée et minutieuse de tous les détails de ce curieux phénomène météorologique.

Mémoire de M. Plantamour sur les anomalies de température à Genève.

Je ne dois pas omettre, en parlant des travaux récents sur les températures en Suisse, de faire mention du mémoire de 63 pages in-4°, publié en 1867 par M. le professeur Plantamour, dans le tome 19 du Recueil de ceux de notre Société de physique et d'histoire naturelle, sous le titre suivant : *Des anomalies de la température observées à Genève pendant les quarante années 1826 à 1865.*

Dans son ouvrage sur le *Climat de Genève,* M. Plantamour avait déjà étudié les anomalies de température qui ont lieu chez nous d'un mois à l'autre en diverses années. Depuis 1861, il a inséré dans les tableaux météorologiques mensuels des *Archives,* à côté de la température de chaque jour observée à Genève et au Saint-Bernard, la différence avec la température normale du même jour, déduite d'un grand nombre d'années d'observations. Dans le mémoire actuel, il a suivi l'exemple donné par M. le professeur Dove de Berlin, en calculant la température moyenne de cinq en cinq jours du 1er janvier au 31 décembre. Il a constaté ainsi, qu'à Genève la température moyenne de la période de cinq jours peut s'abaisser au-

dessous de zéro depuis le commencement de novembre jusqu'à la fin de mars.

M. Plantamour a calculé la loi de la variation annuelle de la température, en appliquant aux quarante années d'observations, subdivisées en soixante-treize périodes de cinq jours, une formule trigonométrique d'interpolation de Bessel composée de quatre termes, résolue par l'application de la méthode des moindres carrés aux équations de condition résultant des données de l'observation. Il a obtenu ainsi une valeur, dont la partie constante de 9°,248 représente la température moyenne des quarante années. Il a calculé ensuite les différences entre les résultats de la formule et ceux de l'observation pour chaque période de cinq jours, et il a tracé la courbe de la marche annuelle de la température dans les deux cas. Il a trouvé ainsi, dans un petit nombre de périodes, de légères anomalies; mais il ne croit pas les quarante années encore suffisantes pour qu'on puisse en conclure qu'il y a, à ces époques, des anomalies périodiques, les observations faisant voir que, pendant une série d'années, la même période est ou beaucoup plus chaude, ou beaucoup plus froide que de coutume. Il cite, par exemple, sous ce rapport, la première quinzaine de mai, signalée assez généralement comme une époque de retour de froid. La période du 6 au 10 mai a présenté, en effet, de 1850 à 1858, une température moyenne plus froide de 2°,45 que celle résultant des quarante années. La période du 11 au 15 mai a été de même, de 1836 à 1840, plus froide de 2°,33 que la moyenne. Mais, en d'autres séries d'années, la température à ces époques a été sensiblement plus élevée, et M. Plantamour ne trouve, par conséquent, pour Genève, aucun fondement à l'opinion d'un retour de froid

exceptionnel vers cette époque. L'année 1868 est bien propre à le confirmer dans cette opinion, car tout le mois de mai y a présenté une élévation de température extraordinaire, qui a été, en bien des jours, de 7 à 8 degrés au-dessus de la température normale.

M. Plantamour a construit des tableaux donnant, pour les soixante-treize périodes de chacune des quarante années, les écarts positifs ou négatifs entre la température normale calculée par la formule et celle réellement observée en chacune de ces périodes. Ces écarts sont quelquefois considérables, surtout en janvier dans le sens négatif, où ils vont jusqu'à 9 degrés, et il y a de même de notables différences entre les températures moyennes annuelles de certaines séries d'années. Ainsi, à une période de dix années chaudes, 1826 à 1835, dont la température moyenne est de 9°,66 et où 1829 a été la seule année froide, a succédé une période de vingt années froides, 1836 à 1855, où la moyenne n'est que de 8°,89 et dans lesquelles 1846 est la seule année chaude. Dans les dix dernières années, 1856 à 1865, il n'y a eu qu'une année très-froide, 1860, et la température moyenne a été de 9°,54.

L'époque des plus grands froids a oscillé à Genève, pendant ces 40 années, entre le 2 décembre et le 19 février. Elle a eu lieu 6 fois du 27 au 31 décembre, 5 fois du 11 au 15 janvier et du 10 au 14 février. Les extrêmes observés pour les moyennes de 5 jours sont —12°,87 en 1838 et —0°,28 en 1863. L'époque de plus grande chaleur a oscillé entre le 10 juin et le 2 septembre. Elle a eu lieu 7 fois du 5 au 9 juillet et du 15 au 19, 4 fois du 25 au 29 juin et du 30 juillet au 3 août. Les valeurs moyennes extrêmes observées pour chaque période de 5 jours sont 24°,98 en 1857 et 19°,38 en 1841.

Enfin, M. Plantamour s'occupe, dans un dernier paragraphe, de la fréquence et de l'amplitude des variations que la température peut subir de 5 en 5 jours. Il en présente plusieurs tableaux et il termine son mémoire par le résumé suivant sur ce dernier point : « La variation de température entre deux périodes consécutives de cinq jours, due à l'influence de causes accidentelles, s'élève en moyenne dans l'année à $\pm$ 2°,21. Mais on peut s'attendre à rencontrer, dans le courant de l'année, une variation *maximum* de $\pm$ 8°,1, qui tombera, 7 années sur 10, en novembre, décembre, janvier et février, et 3 années sur 10 dans l'un des 8 autres mois. »

L'auteur de ce mémoire donne, dans ses *Résumés météorologiques*, publiés annuellement dans les *Archives*, un tableau des écarts moyens et extrêmes de température observés, soit dans chaque mois, soit entre deux jours consécutifs. Ces derniers, qui ont été de $\pm$ 2°,49 dans leurs valeurs moyennes en 1867, ont présenté de bien plus grandes différences dans leurs écarts extrêmes. Ainsi, du 21 au 23 mai de cette année-là, il y a eu 8 degrés d'abaissement du thermomètre centigrade, et il y a eu 9 degrés d'élévation de la température du 29 novembre au 1er décembre.

Eau de pluie et de neige.

Je reviens maintenant aux observations suisses de l'année météorologique 1867, en ce qui concerne la pluie et la neige. Cette année a été fort pluvieuse pour un grand nombre de stations, du moins dans une de ses moitiés. Il est tombé à Genève, dès les premiers jours de janvier, une petite quantité de neige, qui avait rapidement disparu, mais du 13 au 21 il a neigé presque tous

les jours. Il est tombé en tout 463 millimètres de neige, correspondant à environ 65 millimètres d'eau, et la neige n'a disparu dans la plaine que le 29 du mois à Genève. Une forte bise froide y a régné souvent dans ce mois. Il est tombé dans les premiers 6 mois 624 millimètres d'eau. La seconde moitié de l'année, et surtout juillet et novembre ont été moins pluvieux, ce dernier mois ayant été généralement sec en Suisse. La quantité d'eau tombée dans l'année à Genève a été de 963mm,6 ; moindre de 5 millimètres que celle de l'année précédente, qui était aussi une année pluvieuse.

Les *maxima* d'eau tombée, dans cette quatrième année d'observations, ont été :

De 2202mm,7	en onze mois	au Grimsel,
2127,9	dans l'année	à la Val Sainte,
2103,9	»	à Schwytz,
2014,6	»	à Einsiedeln,
2068,0	en dix mois	au Bernardin.

Il n'en est tombé que 1094mm,4 au Saint-Bernard et 1611,3 à la cime du Righi.

Quant aux *minima* annuels, ils ont été :

De 447mm,5	pour	Græchen.
707,4	»	Remüs.
852,3	»	le Simplon.
572,5	»	dix mois à Brusio.
613,7	»	onze mois à Zernetz.
660,9	»	» à Soleure.

Dans la nouvelle station de Gersau, il est tombé en onze mois 1832mm,9 d'eau : tandis qu'il n'en est tombé dans l'année à Davos que 950,7. Il y en a eu 1636,8 à

Montreux, 1652,5 à Lugano et 1677,1 à Bellinzone. C'est dans la seconde moitié de l'année qu'il y a eu le plus de pluie dans les stations au sud des Alpes.

Lausanne, située sur le flanc du mont Jorat, est notablement plus pluvieuse que Genève, d'après les observations de M. Marguet. La quantité moyenne annuelle d'eau tombée dans la période de 1858 à 1867 y a été de 1094mm,9; et il y a eu en moyenne 153,7 jours de chute d'eau par an.

Dans l'année 1860, il est tombé à Lausanne 1634mm $^1/_2$ d'eau. De décembre 1866 à novembre 1867, il y en a eu en 178 jours 1038mm,15.

Notice sur les pluies en Suisse, par M. Fretz.

J'ai reçu dernièrement de M. J. Fretz, de Horgen, canton de Zurich, qui a été employé précédemment à l'observatoire de Zurich, un travail intéressant sur les chutes d'eau de pluie et de neige dans les diverses stations du réseau suisse pendant les 4 années d'observations, subdivisées par saisons. Ce travail a paru dans les nos d'avril et juin 1868 du journal allemand de statistique suisse, publié à Berne par feuilles in-4°, depuis le commencement de cette année. Je vais en extraire quelques fragments.

L'auteur parle d'abord de l'intérêt que présente l'étude de cet élément météorologique, soit pour l'agriculture, soit pour l'appréciation des climats [1]. Quand on voit, dit-

[1] Les terribles inondations qui ont eu lieu dans la Suisse orientale depuis la publication du travail de M. Fretz, par suite de pluies torrentielles, jointes à la fonte des neiges provenant de l'action des vents du sud, donnent un triste intérêt actuel de plus aux études de ce genre.

il, d'après les quatre années d'observations suisses, que l'Engadine est, comparativement parlant, assez pauvre en fait de pluie, tandis que le Grimsel est très-abondant, on peut s'expliquer la grande différence qui existe entre ces deux régions des Alpes par rapport aux glaciers. Ainsi, le col de la Bernina, la série de lacs de la haute Engadine et un grand nombre de vallées Grisonnes fort élevées sont sans glaciers, tandis que les Alpes Bernoises en ont de permanents, dont l'altitude n'est que de 4000 pieds [1].

La distribution de l'eau tombée en pluie ou en neige, suivant les saisons, a aussi son importance. L'auteur en a fait l'objet de 5 tableaux, dont un pour chaque saison et un pour l'année entière, en y distinguant séparément les stations à observations complètes ou incomplètes, et en présentant les résultats, dans chaque tableau, selon l'ordre des quantités moyennes, en allant du plus au moins. Il résulte de ces tableaux que les régions les plus pluvieuses sont, en hiver le Jura, au printemps les vallées Alpines du Nord et le Tessin, en été le pied des Alpes du

[1] D'après une note manuscrite que M. Fretz a bien voulu m'adresser sur ce sujet, les seuls glaciers du canton des Grisons qui descendent dans les pâturages, à une altitude égale ou inférieure à 2000 mètres, sont, sur le massif du *Piz Bernina*, le glacier de *Martiratsch*, qui descend jusqu'à 1908 mètres, celui de *Palu* jusqu'à 1945 mètres, et celui de *Farno* jusqu'à 2000 mètres.

En revanche, dans l'Oberland bernois, le glacier inférieur du Grindelwald descend jusqu'à 983 mètres d'altitude, le glacier supérieur à 1195 mètres, le glacier de Rosenlaui à 1504 mètres, le glacier du Breithorn à 1810 mètres, etc Dans le Valais, le glacier d'Aletsch descend jusqu'à 1550 mètres, celui du Trient à 1574, celui du Rhône à 1753, celui de Ferpecle à 1801, etc. Les glaciers d'Erstfeld et de Winter, dans le canton d'Uri, descendent jusqu'à une altitude de 1741 et de 1841 mètres, et ceux de Biferten, de Limmern et de Clariden, dans le canton de Glaris, jusqu'à 1606, 1843 et 2000 mètres d'altitude respective.

côté du Nord, et en automne le Tessin. Les moins abondantes en pluie sont, en hiver le Tessin, au printemps l'Engadine et le Valais, en été le Valais, en automne le Nord-Est des plaines suisses et le Valais. Mais il y a des croisements et des irrégularités telles, que la quantité de pluie ne peut guère être conclue de la longitude, de la latitude et de l'altitude en chaque station. Celles qui sont élevées correspondent plutôt aux valeurs extrêmes, en plus ou en moins, qu'aux valeurs moyennes, en fait d'eau tombée. Les vallées intérieures et les montagnes centrales des Grisons et du Valais sont peu abondantes sous ce rapport, et l'on pouvait s'y attendre, l'air humide arrivant de l'extérieur, et y donnant lieu à des précipitations avant d'atteindre les parties centrales.

Parmi les 42 stations à observations complètes pendant les 4 ans, les plus pluvieuses sont Schwytz, Bellinzone, Einsiedeln et Engelberg, où l'eau tombée a été, en moyenne, de près de 1700 millimètres par an.

Montreux	porte le n°	10	avec	1342mm	de chute d'eau annuelle.
le St.-Bernard	»	14	»	1253	»
Zurich	»	21	»	1058	»
Bâle	»	27	»	943	»
Berne	»	32	»	897	»
le Simplon	»	34	»	850	»
Bevers	»	35	»	818	»
Genève	»	36	»	817	»
Coire	»	38	»	802	»
Martigny	»	39	»	795	»
Remüs	»	41	»	604	»
Græchen	»	42	»	495	»

Recherches récentes sur le Fœhn.

Je ne terminerai pas cette Notice sans dire quelques

mots sur une question qui est en dehors de son objet spécial, mais qui tend à montrer de plus en plus l'utilité du réseau suisse d'observations météorologiques, et l'importance qu'on doit mettre à ce que ces observations soient continuées. Je veux parler de la question de l'origine du *Foehn,* de ce vent chaud et sec du sud, qui se fait sentir parfois si fortement, principalement dans quelques vallées de la Suisse allemande.

Cette question est débattue, maintenant, avec une certaine vivacité, entre divers savants, tels que MM. Escher de la Linth et Desor, présumant que ce vent a son origine dans les sables brûlants du Sahara africain, tandis que MM. Dove, Wild, Hann, Mühri et Reissenberger le font venir de l'Océan atlantique et des Antilles, comme un vent équatorial. Sans pouvoir entrer ici dans le développement de ce sujet, je me bornerai à citer deux publications récentes et fort instructives qui s'y rapportent. L'une est l'étude de M. le professeur Louis Dufour, de Lausanne, sur le Fœhn du 23 septembre 1866, dont notre collègue. M. Marcet a publié une analyse très-développée dans le n° de mai 1868 des *Archives.*

L'autre est une Notice que M. Hirsch a communiquée à la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, en avril et mai derniers, et qui a été reproduite dans le n° de septembre de nos *Archives.* L'auteur, après y avoir présenté un résumé très-substantiel des divers travaux récents sur ce sujet, arrive à des conclusions que je rapporterai ici en abrégé.

Le Fœhn est un vent local, qui règne dans une région restreinte au nord de la chaîne des Alpes, dans le sens longitudinal de cette chaîne, ordinairement de la vallée du Rhin à la vallée supérieure du Rhône, et exceptionnelle-

ment depuis Salzbourg à Genève, sans qu'on l'ait jamais observé sur le versant sud de la chaîne, ni d'une manière précise à de grandes hauteurs. Il est ordinairement précédé et accompagné d'abondantes chutes de neige et de pluie sur la hauteur et sur le versant sud des Alpes, et presque toujours d'un vent équatorial sud-ouest très-fort dans l'Europe occidentale. La plupart des auteurs le rattachent aux tempêtes venant de l'Atlantique, et n'attribuent au désert du Sahara, soit pour l'origine du Fœhn, soit pour le régime des glaciers des Alpes, qu'une importance indirecte et exceptionnelle.

« Le dernier mot sur cette question complexe, dit M. Hirsch en terminant sa Notice, ne pourra être prononcé qu'après qu'on aura étudié encore plus en détail des cas nombreux du Fœhn, par les observations de Suisse, d'Europe et d'Afrique, d'après l'exemple donné par M. Dufour. »

Additions au quatrième volume des observations suisses.

M. Wolf a placé en tête du quatrième volume in-4° des observations suisses, un avant-propos, dans lequel il donne quelques détails sur cette publication. Ce sont MM. Graberg, Meyer et Fluch qui ont, sous sa direction, effectué la plupart des calculs et soigné l'impression des douze cahiers mensuels dont se compose le volume. Ils y ont inséré, tous les deux mois, un tableau graphique, représentant par des courbes sinueuses la marche diurne moyenne des hauteurs barométriques et des températures pendant cet intervalle de temps, pour quelques stations spéciales du réseau assez éloignées entre elles, telles que Bâle, le Saint-Gothard et Lugano pour le baromètre,

Chaumont, Neuchâtel, Martigny, le Saint-Bernard, Bevers, le Julier et Lugano pour le thermomètre. Ils y ont joint, vers la fin de l'année, les courbes de l'humidité pour le Simplon, Chaumont et Schwytz. Les courbes relatives au même élément suivent généralement, aux mêmes époques, une marche identique, avec des inflexions plus prononcées en certaines stations que dans d'autres. Les courbes barométriques suivent assez souvent la même marche que celles de la température, mais elles vont cependant quelquefois en sens contraire, et leur comparaison présente un intéressant sujet d'étude. M. Graberg a publié aussi, dans le cahier de décembre 1867, une petite carte des stations, à laquelle il a joint un tableau, pour chacune d'elles, d'une chute considérable du baromètre qui a eu lieu dans la nuit du 1er au 2 novembre 1867, et d'une élévation plus forte encore de la colonne de mercure qui y a succédé dans la matinée suivante, pour les stations au nord des Alpes.

M. Wolf a continué à joindre, dans la plupart des cahiers, aux observations actuelles et au tableau de leurs moyennes mensuelles, quelques pages consacrées à la publication d'observations plus anciennes en certaines stations, et il s'en trouve de telles, dans le quatrième volume, faites à Berne, à Zurich, sur l'Uetliberg et à Bâle. Le cahier d'octobre contient entre autres (p. 549 du volume) un tableau des températures moyennes mensuelles résultant des observations faites à Bâle de 1827 à 1866. La moyenne annuelle qui résulte de ces quarante années d'observations est de 10°,035 centigrades. Un tableau analogue pour les dix dernières années d'observations à Bâle, 1857 à 1866, inséré à la page 449 du même volume, donne pour moyenne annuelle 10°,185.

M. Wolf a aussi placé, à la suite de l'avant-propos du quatrième volume, quelques courtes additions spéciales dues à divers auteurs, et datées de juin et juillet 1868. La première est de M. le professeur H. Wild de Berne. Il y signale, dans une note de deux pages seulement, une différence assez considérable qu'il a trouvée entre la quantité d'eau de pluie ou de neige obtenue dans l'année 1866 à 1867, soit avec l'ancien appareil servant à la mesurer à l'observatoire de Berne, appareil placé à environ 4 mètres de distance du bâtiment du côté du Sud-Ouest, et à une hauteur de $1^{m},2$ au-dessus du sol; soit avec un nouvel appareil de plus grande surface, placé sur une terrasse supérieure à 5 mètres au-dessus du sol. Le premier appareil a donné, pour l'eau tombée dans l'année 1087,5 millimètres, et le second 1207,5. M. Wild estime que cette dernière valeur est la plus exacte, et que celles données pour Berne, depuis le mois de décembre 1861, doivent être corrigées dans la même proportion.

La seconde addition, mise en tête du quatrième volume, est un intéressant mémoire de six pages de M. Killias de Coire, sur une chute de neige rouge qui a eu lieu dans une partie assez étendue du canton des Grisons, le 15 janvier 1867. L'auteur rapporte diverses études qui ont été faites de cette substance, soit sous le rapport de ses apparences physiques, soit sous celui de sa composition chimique et des circonstances qui ont accompagné sa chute. Après avoir cité plusieurs cas analogues qui ont donné lieu à quelques mémoires d'autres savants, il présume que la cause de ce phénomène peut être attribuée à du sable du désert du Sahara, entraîné par le vent jusqu'en Suisse.

Les deux dernières additions sont de M. Wolf lui-même.

L'une d'elles est une courte description, accompagnée d'une figure sur bois insérée dans le texte, d'un nouveau thermomètre à *maximum* et *minimum*, construit par MM. Hermann et Pfister à Berne. C'est un thermomètre métallique, formé par l'enroulement en spirale d'une bande composée de deux lames d'acier et de laiton soudées ensemble, le laiton plus dilatable que l'acier étant placé en dehors de la bande. L'extrémité mobile de la bande se meut entre deux boutons fixés chacun à une aiguille, et le jeu de ces aiguilles, mesuré sur un arc divisé, permet d'apprécier les variations de la température. On avait déjà construit des thermomètres métalliques portatifs du même genre, mais sans qu'ils fussent encore thermométrographes. M. Wolf a soumis pendant cinq mois le nouvel instrument, déjà convenablement réglé, à des comparaisons journalières avec un bon thermomètre ordinaire; il en rapporte les résultats détaillés, et il n'a trouvé, en général, que des différences assez faibles dans les indications des deux instruments. Il espère qu'après de nouveaux essais, on pourra recommander l'emploi du nouveau thermométrographe pour les observations du réseau suisse.

La dernière note de M. Wolf a pour objet les circonstances météorologiques qui ont coïncidé avec l'épidémie de choléra à Zurich et à Lugano pendant l'automne de 1867. L'auteur s'était déjà occupé, depuis 1851, de sujets analogues, en cherchant spécialement à étudier, avec un instrument de Schœnbein, l'influence de l'ozone sur la mortalité. Il présente, dans cet article, un tableau comparatif, jour par jour, des indications du baromètre, du thermomètre et de l'ozonomètre, de la pluie, etc., mises en regard des cas de choléra et de mort observés de

juillet à octobre 1867, à Lugano et à Zurich. Il y a eu, pendant ces quatre mois, 111 cas de choléra mortel à Lugano, et 502 à Zurich; mais la marche des réactions de l'ozone s'y est fort peu écartée de l'état normal pendant ces mêmes mois.

Les premiers cahiers de la cinquième année des observations du réseau suisse ont déjà paru. Elles ont été faites en 69 stations. On n'y trouve plus celles de Bex, de Rathausen et de Remüs, qui sont comprises dans le tableau des résultats de la quatrième année; mais les autres stations de ce tableau y sont encore, et il y en a deux nouvelles: celles de Sursee, dans le canton de Lucerne, et de Schwartzenburg, chef-lieu du Guggisberg bernois. Le canton des Grisons, dont la surface est, il est vrai, fort étendue, continue à se distinguer par le nombre de ses stations qui est encore de 16, et qui fait honneur au zèle scientifique de ses habitants.

Le Bureau central de météorologie suisse à l'observatoire de Zurich commence à se former une bibliothèque, surtout par l'échange qui a lieu maintenant entre ses publications et celles d'un grand nombre d'académies, d'observatoires et d'institutions scientifiques d'Europe et d'Amérique, ce qui tend à prouver l'intérêt et l'estime dont jouissent de plus en plus les travaux de ce Bureau et de tous ses coopérateurs.

Tableau des températures moyennes de l'année comprise entre décembre 1866 et novembre 1867, de ses quatre saisons, de ses extrêmes annuels de température, et des quantités annuelles d'eau de pluie et de neige, résultant de trois observations diurnes en diverses stations suisses, ces stations étant rangées dans l'ordre de leurs hauteurs au-dessus du niveau de la mer.

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.							Quantités annuelles d'eau tombée en millimètres.
		Moyennes annuelles.	Hiver Décem. 1866 Février 1867	Printemps Mars-Mai 1867.	Été Juin-Août 1867.	Automne Sept. - Nov. 1867.	Minima annuels.	Maxima annuels.	
	m	°	°	°	°	°	°	°	mm
Bellinzone (Tessin)	229	13,2	5,1	13,2	22,3	12,4	— 3,6	30,0	1652,5
Lugano »	275	12,3	4,0	12,2	21,0	12,1	— 6,2	33,9	1677,1
Bâle....................	278	9,9	3,2	9,9	17,6	8,8	—10,2	29,7	1250,6
Kaiserstuhl (Argovie)	362	9,6	2,5	9,6	17,6	8,6	—14,6	32,7	1079,1
Montreux (Vernex, Vaud)...	385	11,0	4,6	10,4	18,7	10,1	— 8,2	29,3	1636,8
Arau (Argovie)....	386	8,9	2,0	8,9	16,9	7,7	—14,9	27,7	962,4 [1]
Olten (Soleure)...........	393	9,4	2,3	9,4	17,6	8,4	—15,3	28,4	1285,1
Schaffhouse..............	398	9,5	2,1	9,5	18,0	8,3	—13,3	30,4	1006,7
Genève.................	408	10,2	3,4	9,7	18,2	9,4	—16,0	32,1	963,6
Frauenfeld (Thurgovie).....	422	9,0	1,9	9,0	17,3	7,8	—14,8	27,5	1176,3
Kreuzlingen »	424	9,3	2,4	9,0	17,3	8,4	—11,5	28,7	1364,9
Porrentruy (Berne)........	430	9,2	2,7	9,0	17,0	8,2	—16,9	30,2	1124,2 [1]
Bex (Vaud)..............	437	10,1	3,5			9,0	—10,1	32,1	1090,2
Rathausen (Lucerne).......	440	9,2	1,7	9,3	17,6		—15,9	32,3	
Winterthur (Zurich).......	441	8,9	1,9	9,3	16,7	7,7	—15,7	30,0	1166,6
Altorf (Uri)..............	454	10,1	3,5	10,2	17,5	9,4	—10,4	31,5	1464,2

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.							Quantités annuelles d'eau tombée en millimètres.
		Moyennes annuelles.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Minima annuels.	Maxima annuels.	
	m	°	°	°	°	°	°	°	mm
Gersau (Schwytz)	460	10,5	4,4	10,0	17,7	9,8	— 7,0	27,6	1832,9 [1]
Soleure	474	9,1	[illegible]	9,0	17,4	8,2	—14,0	28,0	660,9 [1]
Altstætten (St-Gall)	478	9,7	2,9	9,4	17,6	8,8	—10,8	28,6	1438,1
Zurich....................	480	9,4	2,4	9,4	17,6	8,2	—12,2	30,7	1525,1
Muri (Argovie)	483	8,9	2,0	8,9	17,0	7,8	—13,7	28,5	1374,3
Neuchâtel	488	9,6	2,7	9,1	17,9	8,6	—10,2	32,0	1067,1
Martigny (Bourg, Valais) ...	498	10,3	2,6	10,8	18,6	9,2	—12,1	31,4	960,4
Sargans (St-Gall)	501	9,9	3,2	9,7	17,4	9,2	— 9,8	30,6	1200,3
Sion (Valais)..............	536	11,0	3,2	11,3	19,4	10,1	— 8,9	31,8	969,4
Marschlins (Grisons).......	545	9,2	2,4	9,2	16,8	8,3	—12,5	30,2	1175,2
Schwytz..................	547	9,0	2,5	8,7	16,5	8,1	—11,3	26,4	2103,9
Interlach (Berne)..........	571	9,0	1,9	9,1	16,8	8,2	—11,0	28,0	1288,4
Berne....................	574	8,5	1,5	8,5	16,7	7,4	—16,6	29,4	1206,8
Bœtzberg (Argovie)........	577	8,2	1,4	7,9	16,2	7,2	—10,6	28,8	1103,1
Brienz (Berne)	586	9,2	2,5	9,1	16,8	8,3	—10,8	28,9	1175,0
Reichenau (Grisons)	597	8,8	1,3	9,0	16,9	8,1	—13,3	30,1	1182,3
Coire (Grisons)............	603	9,6	2,2	9,5	17,8	8,8	— 9,7	32,2	913,0
Lohn (Schaffhouse).........	645	8,3	1,2	8,1	16,7	7,4	—12,5	29,4	978,5
Saint-Gall	679	8,3	2,1	8,1	16,0	7,2	—12,5	27,6	1534,7
Castasegna (Grisons).......	700	10,6	3,7	10,2	18,3	10,6	— 6,2	26,3	1650,0

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.							Quantités annuelles d'eau tombée en millimètres.
		Moyennes annuelles.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Minima annuels.	Maxima annuels.	
	m	°	°	°	°	°	°	°	mm
Thusis (Grisons)	706	8,7		9,1	17,1	7,7	—13,8	30,6	969,1
Brusio »	777	10,3		10,1	17,7	10,2	— 3,8	26,6	572,5 [2]
Affoltern (Berne)..........	795	7,8	1,5	7,6	15,4	6,8	—16,6	27,0	1642,5
Auen (Glaris)	821	7,9	1,4		15,4		— 11,3	26,4	1498,8 [5]
Vuadens (Fribourg)........	825	7,5	1,3	7,2	15,1	6,6	—18,8	27,0	1644,8
Saint-Imier (Berne)	833	7,6	1,4	7,2	15,1	6,8	—14,3	27,5	
Uetliberg (Zurich)..........	874	7,1	0,6	6,9	14,5	6,2	—10,9	26,9	1187,1
Trogen (Appenzell)	885	7,5	1,6	7,2	14,8	6,3	—13,2	25,1	1798,2
Einsiedeln (Schwytz).......	910	6,4	— 0,1	6,3	13,9	5,3	— 17,3	25,9	2014,6
Ponts-de-Martel (Neuchâtel).	1023	6,0	— 1,1	5,8	13,9	5,4	—25,5	26,5	1561,3
Engelberg (Underwald).....	1024	6,3	0,0	6,0	13,9	5,2	—15,6	24,5	1879,8
Val-Sainte (Fribourg)......	1032	7,2	1,2	6,4	14,9	6,3	—12,0	26,3	2127,9
Ste-Croix (Vaud)	1092	6,5	1,0	5,5	13,6	5,8	—14,7	24,9	1676,7
Beatenberg (Berne)	1150	6,9	1,5	6,0	14,0	6,1	— 12,3	25,3	1761,8
Chaumont (Neuchâtel)......	1152	6,0	0,4	5,0	13,3	5,4	—13,3	24,6	1079,9
Closters (Grisons).........	1207	5,6	— 0,9	4,8	13,3	5,1	—17,4	26,0	1336,4
Churwalden »	1213	6,2	— 0,2	5,7	13,8	5,7	—14,8	26,7	1241,3
Remüs »	1245	6,2	— 2,3	6,2	15,4	5,6	—20,0	28,4	707,1
Reckigen (Valais).........	1339	5,0	— 2,1	4,2	13,6	4,3	—22,6	27,6	1005,9
Platta (Medels, Grisons).....	1379	5,6	— 0,5	4,8	12,9	5,1	—14,7	25,2	1364,8

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades. Moyennes annuelles.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Minima annuels.	Maxima annuels.	Quantités annuelles d'eau tombée en millimètres.
	m	°	°	°	°	°	°	°	mm
Andermatt (Uri)	1448	4,0	— 2,8	4,0	11,2	3,6	—23,7	22,7	1334,0
Splügen (village, Grisons) ...	1471	4,2	— 3,2	3,9	12,6	3,7	—25,3	24,2	1629,8
Zernetz »	1476	4,8	—	4,3	13,3	4,8	—24,2	26,7	613,7 [1]
Græchen (Valais)..........	1632	5,1	— 1,2	4,3	12,7	4,5	—15,3	23,0	447,5
Davos (Grisons)	1650	2,8	— 4,2	2,3	11,0	2,3	—23,4	23,6	950,7
Bevers »	1715	2,7	— 5,2	2,4	11,3	2,2	—27,2	22,8	900,8
Righi-Culm (Schwytz)	1784	2,7	— 2,3		9,3	2,7	—15,8	20,2	1611,3
Sils (Maria, Grisons)......	1810	2,7	— 4,0	2,0	10,5	2,1	—22,3	21,0	1051,4
Grimsel (hospice, Berne)....	1874	2,2	—	0,9	9,2	1,8	—20,1	20,5	2202,7 [1]
Simplon (hospice, Valais) ...	2008	2,2	— 3,3	0,9	9,7	1,7	—19,0	18,4	852,3
Bernardin (village, Grisons) .	2070	1,7	— 4,0	0,5	9,3	0,9	—18,5	17,2	2068,0 [4]
St-Gothard (hospice, Tessin).	2093	—0,1	— 5,4	— 1,6	6,8	— 0,1	—19,8	18,5	
Julier (Grisons)	2244	0,3	— 5,4	— 0,7	7,7	—0,3	—20,9	18,0	
St-Bernard (couvent, Valais).	2478	—0,2	— 5,2	— 1,5	6,1	—0,3	—19,8	17,1	1094,4

[1] L'eau tombée en décembre 1866 manque pour Arau, Porrentruy, Gersau, Soleure, Zernetz et Grimsel.

[2] L'eau tombée en janvier et février manque pour Brusio.

[3] L'eau tombée en avril et octobre manque pour Auen.

[4] L'eau tombée en décembre 1866 et janvier 1867 manque pour le Bernardin.

DU MAGNÉTISME

DES

COMBINAISONS CHIMIQUES

PAR

M. WIEDEMANN

(Traduction [1].)

Les propriétés magnétiques des combinaisons chimiques présentent un grand intérêt par le fait que les métaux qui les composent conservent, à un degré plus ou moins élevé dans ce nouvel état, le magnétisme qu'ils possédaient à l'état libre, de manière que l'on peut, de ces propriétés et de la mesure du magnétisme dans les combinaisons, déduire certaines données sur les propriétés de ces métaux eux-mêmes dans leurs combinaisons. Partant de ce principe, l'auteur, dans une série de recherches antérieures [2], avait déjà déterminé le magnétisme de divers oxysels ou sels haloïdes des métaux magnétiques, et il était arrivé à ce résultat, que dans tous les sels d'un même métal qui sont de composition analogue, le produit du magnétisme temporaire excité par la force magnétique dans l'unité de poids du sel, par son poids atomique, est un nombre constant, ou, en d'autres termes, que le magnétisme d'un atome isolé d'un de ces sels est une constante. Si l'on prend pour ce magnétisme

[1] *Monatsbericht der königl. preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin*, Juli 1868.

[2] *Monatsbericht*, 15 Juin 1865.— *Archives*, 1865, t. XXIV, p. 125.

atomique, le chiffre 446 pour les sels d'oxyde de fer, il est égal en moyenne à 190,8 pour les sels d'oxyde de chrôme, et à 468, 387, 313 et 142 pour les sels de protoxyde de manganèse, de fer, de cobalt et de nickel.

I. Une nouvelle série de recherches faites d'après la même méthode que les précédentes a montré que cette propriété existe également pour les oxysels et les sels haloïdes de cérium, de didyme et de cuivre. En partant de la même unité que pour les chiffres donnés plus haut, on a obtenu les chiffres suivants pour le magnétisme atomique de ces trois métaux étudiés à l'état des solutions aqueuses :

Sulfate d'oxyde de didyme. . . .	104,4
Azotate » »	104,2
Chlorure de didyme	105,2
Acétate d'oxyde de didyme. . . .	105,7
Azotate de protoxyde de cérium. .	48,7
Chlorure de cérium.	47,6
Sulfate d'oxyde de cuivre	49,5
Azotate » »	50,7
Chlorure de cuivre	48,9
Bromure de cuivre	47,7
Acétate d'oxyde de cuivre	48,0

II. Avec les sels à l'état solide, on obtient à peu près les mêmes résultats, surtout lorsqu'ils contiennent de l'eau de cristallisation, par exemple :

Sulfate d'oxyde de didyme cristallisé. . .	107,2
Sulfate d'oxyde de cuivre cristallisé. . . .	49,6

Dans le cas où les sels à l'état solide ne contiennent

pas d'eau de cristallisation, leur magnétisme atomique est en général un peu plus faible, comme l'auteur l'avait déjà reconnu dans sa première série de recherches sur les sulfates de protoxyde de cobalt et de fer et sur le chlorure de fer. Ainsi, le magnétisme atomique est pour le

Sulfate de protoxyde de cérium anhydre. . . 44,9

Cette diminution du magnétisme atomique par le fait de l'absence d'eau de cristallisation est particulièrement sensible pour les sels de cuivre anhydres, même dans le cas où ils sont combinés avec de l'ammoniaque.

Par exemple, on a trouvé les valeurs suivantes du magnétisme atomique pour différents sels de cuivre anhydres ou hydratés.

Sulfate d'oxyde de cuivre anhydre.	42,2
$2\,Cu\,SO_4 + 5\,NH_3$	43,5
$2\,Cu\,SO_4 + \;NH_3$	45,1
$2\,Cu\,SO_4 + 2\,NH_3 + Aq$	42,1
$2\,Cu\,SO_4 + \;NH_3$	44,6
Chlorure de cuivre (anhydre).	40,0
Chlorure de cuivre saturé d'ammoniaque .	37,1
Chlorure de cuivre dissous dans l'eau . . .	47,2
Bromure de cuivre (anhydre).	24,0
Bromure de cuivre saturé d'ammoniaque .	41,1
Bromure de cuivre dissous dans l'eau. . .	48,0

Les sels de nickel à l'état solide présentent la même particularité. Tandis que le magnétisme atomique est pour ces sels à l'état de dissolution, en moyenne 142, il a des valeurs inférieures pour les sels cristallisés; par exemple :

Sulfate de nickel cristallisé	139,2
Sulfate de nickel anhydre	131,0
Sulfate de nickel ammoniacal	135,6

En revanche, les chlorures anhydres de nickel et de cobalt présentent un magnétisme atomique plus fort (156 et 378 à 395).

Ces différences sont sûrement produites par les différences de densité ; elles se montrent, en effet, surtout chez les sels possédant une forte densité, tels que le bromure de cuivre (poids spécifique $=4,38$). Lorsque la densité est diminuée par la présence d'eau de cristallisation comme dans les hydrates, ou d'ammoniaque comme dans les sels de cuivre ammoniacaux, le magnétisme atomique devient par là même plus fort et augmente encore davantage lors de la dissolution complète du sel.

III. Le magnétisme des sels de cuivre mérite une attention toute particulière, et spécialement celui du bromure de cuivre, dont les deux éléments cuivre et brome sont tous deux faiblement diamagnétiques, comme le montre d'une manière incontestable une observation directe. Ainsi donc : *deux éléments diamagnétiques peuvent, par leur combinaison, donner un composé magnétique.*

Quant au fait que c'est du cuivre même que provient le magnétisme des sels de ce métal, on en a une preuve dans la constance de ce magnétisme dans ces différents sels, même dans le cas où le magnétisme du radical simple ou composé, qui est combiné avec le cuivre, vient à changer, comme dans les cyanures doubles.

IV. Dans une autre série d'expériences, on a opéré sur deux solutions dont les magnétismes M_1 et M_2 étaient connus et qui subissaient, par leur mélange, une double décomposition : on mesurait le nouveau magnétisme M_{III} du mélange ainsi obtenu. Les mélanges suivants ont entre autres été soumis à cette étude :

	M_1+M_2	M_m
Perchlorure de fer et ferrocyanure de potassium	20,4	21,1
Sulfate de peroxyde de fer et » »	41.2	40,3
Sulfate de cuivre et » »	0.7	0,8
Sulfate de nickel et » »	20,3	22,5
Sulfate de nickel et » »	15,8	15,3
Azotate de cobalt et ferrocyanide de potassium .	29,2	29,2
Azotate de cobalt et ferrocyanure de potassium .	36,3	35.9
Azotate de cobalt et ferrocyanide de potassium .	40,4	41.0
Perchlorure de fer et sulfocyanure de potassium	15.1	14.6
Sulfate de manganèse et ferrocyanure de potassium.	71,8	70,2

et ainsi de suite.

La forme solide qu'affecte celui des deux sels qui se trouve souvent précipité dans la double décomposition n'a point d'influence dans la plupart des cas.

Ainsi donc : *si l'on mélange deux dissolutions salines, qui échangent entre elles leurs éléments par double décomposition, la somme totale de magnétisme est la même après la double décomposition qu'avant.*

Nous pourrons de là déduire cette conclusion assez plausible :

Que le magnétisme d'une combinaison binaire est égal à la somme des magnétismes de ses deux éléments à l'état où ils se trouvent dans ce composé, et que lorsque les éléments passent d'une combinaison binaire dans une autre sans changer leur constitution ou leur groupement atomique, ils conservent le même magnétisme atomique après ce changement.

V. L'égalité des magnétismes atomiques, de l'oxalate de protoxyde de fer et de potasse à l'état solide, et des autres sels de protoxyde de fer, ainsi que l'égalité des magnétismes atomiques de l'oxalate de peroxyde de fer et

de potasse ou de l'alun de potasse et de fer cristallisé, et des autres sels de peroxyde de fer, permet de conclure, contrairement aux vues tout opposées qui ont été émises sur cette matière à propos de la coloration particulière de ces sels[1], que dans ces sels, et même à l'état solide, le fer forme une combinaison tout à fait analogue à celle qu'il forme dans les autres sels. De même la constance du magnétisme atomique montre que, dans les sels de chrôme, le groupe magnétique de l'atome conserve ses propriétés intactes, malgré les grandes variétés de couleurs de ces sels. Il en est de même quand les sels anhydres de cuivre ou de nickel se combinent avec de l'eau ou de l'ammoniaque, et c'est là un résultat qui ne concorde guère avec les vues de Graham sur la constitution des sels de cuivre ammoniacaux. — En revanche, les chlorures lutéo- et purpuréocobaltiques sont diamagnétiques de telle sorte qu'ils ne peuvent, en aucune façon, être considérés, ainsi que le sel correspondant de cuivre, comme une simple combinaison du sel de cobalt avec l'ammoniaque; le groupe atomique contenant le métal, et qui détermine le magnétisme du sel, doit être tout différent de ce qu'il était dans les sels simples.

VI. Si l'on désigne par u_s le magnétisme atomique des sels des métaux magnétiques à l'état de dissolution, l'on a les valeurs suivantes pour le magnétisme atomique u_h des oxydes hydratés de ces métaux obtenus par précipitation:

[1] Haidinger, *Poggend. Ann.*, tome XCIV.

Hydraté de protoxyde de nickel	.....	$u_h = 1{,}00\ u_s$
» » de cobalt	......	1,12
» » de fer	....	1,12
» » de manganèse	...	0,85
d'oxyde de cuivre	......	0,74
» » de chrôme	.....	0.95
» de protoxyde de fer	....	0,69 à 1,18

Le magnétisme atomique des oxydes hydratés des métaux magnétiques est donc tantôt le même, tantôt un peu plus fort ou plus faible que celui de sels correspondants, de telle sorte que, en tenant compte des différences de densité, l'on peut admettre que le groupe atomique qui détermine le magnétisme de ces oxydes hydratés est le même que dans les sels correspondants.

VII. Dans la précipitation de l'hydrate d'oxyde de fer de ses sels, le magnétisme atomique de l'oxyde précipité croît rapidement de 0,69 jusqu'à $1{,}12\,u_s$; ce qui provient probablement de ce que, dans les premiers moments, l'hydrate d'oxyde de fer se trouve encore en partie à l'état colloïdal.

L'oxyde de fer, dissous à l'état colloïdal, possède un magnétisme atomique (100,2) qui n'est environ que les 0,2 de celui des sels d'oxyde de fer. De même, le faible magnétisme atomique de l'acétate d'oxyde de fer (variant suivant les circonstances de 114 à 147) montre que dans ce cas aussi une grande partie de l'oxyde de fer est dissous à l'état colloïdal. En tous cas le groupement atomique qui détermine le magnétisme n'est pas le même pour l'oxyde de fer colloïde que pour l'oxyde de fer hydraté, obtenu par précipitation, ou les sels de cet oxyde.

Cette différence ne se retrouve pas pour l'oxyde de chrôme dissous dans une solution de potasse, chez lequel,

avant comme après la coagulation, le chrôme possède le même magnétisme atomique que dans ses sels. De même le magnétisme atomique de l'oxyde de nickel, dissous dans l'ammoniaque, est égal à celui de l'hydrate.

VIII. Le magnétisme des oxydes des métaux magnétiques est beaucoup plus faible que celui des sels; il diffère suivant le procédé à l'aide duquel on les a obtenus et suivant leur densité.

On a trouvé les valeurs suivantes :

Oxyde	de nickel faiblement calciné . . .	66,4
»	de didyme » » . . .	55,0
»	de cuivre » » . . .	10,5
»	de manganèse » » . . .	144
»	de chrôme » » . . .	66
»	(précipité mélangé d'alumine). .	107
»	de fer faiblement calciné	59
	(précipité mélangé d'alumine). .	256

Il n'a pas été possible encore de déterminer si la très-faible valeur relative du magnétisme des oxydes anhydres, comparée à celle du magnétisme des oxydes hydratés, doit être attribuée à une différence de densité dans la masse entière, ou à un changement dans la constitution même du groupement magnétique des atomes.

IX. Les combinaisons de soufre, correspondant aux sels des métaux magnétiques, dont il vient d'être question, sont infiniment peu magnétiques, le sulfure de manganèse fait seul exception.

X. Les cyanures de nickel et de cobalt possèdent un magnétisme atomique, qui n'est guère que les 0,4 ou 0,6 de ceux des autres sels de nickel et de cobalt. Si l'on dissout ces cyanures dans du cyanure de potassium,

leur magnétisme s'évanouit presque complétement. Cela ne peut pas provenir de la formation d'un sel double, puisque dans les sels doubles les éléments magnétiques conservent intact leur magnétisme atomique; il faut plutôt admettre que le groupement magnétique des atomes s'est modifié. Les sels formés dans cette dissolution correspondent probablement à la formule:

$$K + (Cy + Co\,Cy) \quad \text{et} \quad K + (Cy + Ni\,Cy)$$

qui s'accorde avec la manière dont ils se comportent lorsqu'on les soumet à l'électrolyse. A l'appui de cette interprétation, nous avons la manière tout à fait analogue de se comporter au point de vue magnétique du ferrocyanure et du ferrocyanide de potassium. Dans ces deux sels, comme le montrent les expériences faites sur la double décomposition des sels magnétiques, le potassium peut être remplacé par les métaux magnétiques, qui, dans cette modification, conservent intact leur magnétisme atomique, comme c'est le cas ordinaire pour les oxysels ou les sels haloïdes. D'après leur analogie avec ces derniers, on devrait aussi les regarder comme composés d'un équivalent de potassium combiné dans le ferrocyanure avec un groupe d'atomes diamagnétique $(Cy + \frac{1}{2} Fe\,Cy)$, qui rend le sel lui-même diamagnétique, et dans le ferrocyanide avec un groupe d'atomes magnétique $(Cy + Fe\,\frac{2}{3}\,Cy)$; qui rend le sel magnétique.

XI. Le magnétisme atomique des trois sels de manganèse, de fer et de cobalt qui correspondent au ferrocyanide de potassium, est donné par les chiffres suivants, en prenant chaque fois un équivalent de métal magnétique (par exemple $Fe = 28$). Ces chiffres se rap-

portent aussi bien au cas où les sels sont cristallisés qu'à celui où ils sont dissous.

Manganocyanide de potassium	145,4
Ferrocyanide de potassium	73,9
Cobaltocyanide de potassium	3,5

Comme on l'avait déjà reconnu avec les oxysels et les sels haloïdes de ces trois métaux, le magnétisme atomique du ferrocyanide de potassium est intermédiaire entre ceux du manganocyanide et du cobaltocyanide de potassium; de plus les magnétismes atomiques de ces trois sels ont subi, si on les compare aux magnétismes des sels formés par les oxydes de ces mêmes métaux, une diminution à peu près égale, comme l'aurait produit l'adjonction d'un groupe d'atomes fortement diamagnétique au métal magnétique. Dans les sulfocyanures le métal a les mêmes propriétés que dans les sels simples de ce même métal.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Rodolphe WOLF. COMMUNICATIONS ASTRONOMIQUES. *Astronomische Mittheilungen*, etc., n°s 22 à 24, brochures in-8°. Zurich, 1866—1868.

J'ai eu souvent l'occasion de rendre compte dans ce journal des publications successives faites par M. le professeur Wolf, soit pendant son séjour à Berne, soit depuis son retour à Zurich, où il est directeur de l'Observatoire fédéral joint à l'Ecole polytechnique. Le n° 21 de ses *Mittheilungen*, qui a paru en mars 1866, renfermait un rapport historique et une description sommaire de cet observatoire, sur lequel j'ai publié une Notice en novembre 1866 [1].

Dès lors, M. Wolf a continué à faire paraître de temps en temps quelques-unes de ces feuilles, dans lesquelles il donne un premier aperçu des travaux divers qui se font à l'observatoire, et présente, entre autres, la suite des recherches spéciales sur les taches du soleil qu'il poursuit avec persévérance, au profit de la science, depuis un grand nombre d'années. Je dois me borner ici à une analyse rapide du contenu des trois derniers fascicules de ses *Mittheilungen*.

Le n° 22 contient d'abord l'exposition du plan d'études que M. Wolf s'est proposé d'établir dans son observatoire. Un des buts principaux de cet établissement étant l'enseignement de l'astronomie aux étudiants de l'Ecole polytechnique suisse, les locaux, les instruments et le temps des astronomes doivent y être en partie consacrés.

Quant aux travaux d'observation proprement dits, M. Wolf s'est attaché en premier lieu, avec les deux cercles-méridiens dont son observatoire est muni, à obtenir une détermination de la latitude de cet établissement. L'un de ces instruments

[1] Voyez *Archives des Sc. phys. et natur.*, nov. 1866, t. 27, p. 220.

est d'Ertel, la lunette a 37 lignes d'ouverture et 3 ½ pieds de distance focale, et le cercle 18 ½ pouces français de diamètre. L'autre est de Kern, le cercle a le même diamètre que celui d'Ertel, mais la lunette a 54 lignes d'ouverture et 6 pieds de longueur focale. Chacun d'eux est pourvu de deux microscopes, qui permettent d'obtenir des lectures sur le cercle à la précision d'une fraction de seconde de degré.

M. Wolf passe d'abord en revue les premières valeurs astronomiques de la latitude de Zurich, obtenues successivement, en 1715 par Jacob Fæsi, en 1759 par Jean Gessner, en 1777 par Waser, de 1791 à 1806 par l'ingénieur Jean Feer, et de 1832 à 1836 par l'ingénieur Jean Eschmann. M. Weilenmann, astronome adjoint de l'observatoire actuel, ayant lié l'ancien au nouveau par une petite triangulation, les résultats obtenus par Feer et Eschmann donnent pour ce dernier une latitude de 47°22′41″,7.

La triangulation suisse a donné au colonel Denzler, en partant de l'observatoire de Berne, la valeur 47°22′43″,1.

Enfin, M. Wolf a obtenu au moyen d'observations faites de 1864 à 1866, avec ses deux cercles-méridiens, de distances zénitales d'étoiles situées au nord et au sud du zénith, et dont la culmination a lieu près de ce point, en tenant compte de l'effet de flexion de la lunette des cercles, des valeurs comprises entre 47°22′41″ et 47°22′42″,9. Il adopte pour valeur moyenne de la latitude du nouvel observatoire 47°22′42″,14.

Quant aux autres travaux astronomiques entrepris à l'observatoire, M. Wolf cite des études de la surface du soleil, de celle de quelques planètes et comètes et de divers amas d'étoiles, commencées par M. Weilenmann, avec la lunette de 8 pieds de l'équatorial de Kern, établi au haut de la tour qui surmonte l'observatoire. Une lunette de 4 pieds, établie sur la terrasse placée à l'entrée méridionale de l'établissement, sert, entre autres, à l'examen journalier des taches du soleil.

Le nº 23 des *Mittheilungen* est, en partie, consacré à l'analyse d'une intéressante notice biographique sur la vie et les travaux du célèbre astronome anglais Sir William Herschel,

qui a fait l'objet d'une séance publique donnée à Zurich, le 28 février 1867, par M. Wolf. L'auteur y présente ensuite le résultat des observations de taches du soleil faites en 1866, soit par lui et ses deux adjoints MM. Weilenmann et Fretz, soit par MM. Schwabe à Dessau, Weber à Peckeloh et Schmidt à Athènes. Il y a eu cette année-là 362 jours où l'on a pu observer le soleil, dont 86 où il a paru sans taches.

M. Wolf donne quelques détails, accompagnés d'une planche, sur deux taches observées avec soin par M. Weilenmann à l'équatorial, en juillet, août et septembre 1866, dont l'une a bien présenté ce qu'on nomme le phénomène de Wilson, c'est-à-dire la disparition du bord de la pénombre le plus éloigné du limbe du disque, quand la tache a été voisine de ce limbe.

Les observations de taches faites par Kirch, vers le commencement du dix-huitième siècle et qui ont été communiquées à M. Wolf par MM. Schœnfeld et Fœrster, ont accru ses matériaux pour déterminer la marche de ce phénomène à cette époque, et il en est résulté pour lui la confirmation de la grande période des taches du soleil de 55 ans, qui coïncide si bien avec celle des aurores boréales.

M. Wolf a eu aussi communication d'observations des variations de la déclinaison magnétique faites, soit à Utrecht, de 1850 à 1864, soit à Berlin, de 1839 à 1865, qui lui ont permis d'établir pour chacune de ces deux localités, comme il l'a fait déjà pour Prague, Munich, Christiania, Greenwich et Rome, une formule empirique, qui donne la valeur moyenne de cette variation en chacun de ces points, accompagnée d'un terme variable dépendant de la période ordinaire des taches, par suite de la coïncidence de cette période avec celle des variations magnétiques. Ces formules permettent ainsi de conclure, d'après l'observation de l'un des phénomènes, quelle a dû être la marche de l'autre.

M. le professeur Bruhns, astronome de Leipsic, a inséré, dans le n° 1631 des *Astr. Nachrichten*, la remarque qu'il y a

eu, dans le cours du siècle actuel, moins de comètes non périodiques aux époques du *minimum* des taches que dans les autres intervalles de temps. M. Wolf ayant considéré, sous ce point de vue, le nombre d'apparitions de comètes qui ont eu lieu depuis l'année 1609, où l'on a commencé à observer les taches du soleil, en a bien trouvé un peu plus aux époques qui ont suivi celles des *maxima* de taches; mais il ne croit pas que ce fait puisse confirmer l'ancienne assertion de Marius que les comètes émanent du soleil, comme des scories lancées à travers les ouvertures des taches.

L'observation de l'éclipse de soleil du 5 mars 1867, qui a été annulaire dans l'Italie méridionale et partielle à Zurich, a pu être faite par M. Wolf dans cette derniere ville. M. Wolf en rapporte les données, telles qu'elles ont été obtenues par M. Weilenmann et par lui, ainsi que la marche de la température, au soleil et à l'ombre, suivie par M. Meyer pendant la durée de l'éclipse.

M. Wolf continue à placer, à la fin de chacun de ses fascicules, des extraits de travaux de diverses dates relatifs au Soleil et spécialement à ses taches. Ces extraits augmentent notablement l'utilité des *Mittheilungen*, et leur ensemble constituera une collection fort précieuse sur ce qui en fait le principal objet.

Le n° 24 des *Mittheilungen*, publié en juin de l'année actuelle, renferme d'abord le résultat des observations de taches du Soleil, faites en 1867, à Zurich, Dessau et Peckeloh, en 356 jours de cette année-là. Il y a eu, dans cet intervalle, 216 jours sans taches, principalement pendant la première moitié de l'année. Le nombre des groupes de taches y a été de 25: il avait été plus grand de 21 en 1866 et de 68 en 1865. M. Wolf a tracé la courbe du décroissement graduel du nombre des taches à partir de 1864, et il a reconnu ainsi, de même que M. Weber de Peckeloh, un *minimum* qui a eu lieu en février 1867, et dont il indique la date, encore un peu approximative, comme suit: 1867,2±0,2.

M. Wolf présente alors un nouveau tableau, résultant de

toutes ses recherches antérieures, et fort intéressant à étudier, des époques de tous les *Minima* et *Maxima* de taches, ainsi que de la durée des périodes comprises entre eux, à partir de l'année 1610.

Il y a eu, depuis cette date, 24 *Minima* et 23 *Maxima*. La valeur moyenne de la durée de la période résultant des intervalles entre deux *Minima* consécutifs est de 11 ans, 114 :
celle résultant des *Maxima* » » 11 ans, 060;
ce qui s'accorde bien avec la valeur 11 ans, 11 que l'auteur avait, depuis longtemps, assignée à cette période. Mais le tableau fait ressortir les différences considérables qui ont eu lieu quelquefois dans sa durée, surtout quant au retour des *Maxima*. Ainsi, il s'est écoulé 15 ans, de 1660 à 1675, entre deux *Maxima*, et 15 $^1/_2$ entre ceux de 1788 et de 1804; tandis qu'il n'y a eu que 8 ans compris entre ceux de 1685 et de 1693, et 7^a,7 entre ceux de 1829 et de 1837. Quant aux *Minima*, les plus longues périodes ont été de 15 ans, de 1619 à 1634, de 14 ans, de 1698 à 1712, et de 13^a,7 de 1785 à 1798. Les plus courtes ont été de 8^a,2 entre 1611 et 1619,
8 ,5 » 1689 et 1698,
9 ,0 » 1776 et 1785.

On comprend aisément qu'il y ait plus d'incertitude dans les époques anciennes que dans les plus récentes. La probabilité des dates est de deux à trois ans, de part et d'autre de la moyenne, dans le dix-septième siècle, tandis qu'elle n'est actuellement que de $^1/_5$ d'année. Quant à la valeur moyenne de la période, M. Wolf en évalue l'incertitude
à $\pm 0^a$,182 pour celle déduite des *Minima*,
et à ± 0 ,259 » » » des *Maxima*.

Le *minimum* qui a précédé celui du commencement de l'année dernière a eu lieu en 1856,2 ce qui donne une période de onze ans tout juste. Le *maximum* intermédiaire a eu lieu en 1860,2; et le précédent s'étant affectué en 1848,6 cela correspond à un intervalle de 11^a,6. On peut présumer que le prochain *maximum* aura lieu de 1870 à 1871, et le *minimum* suivant de 1876 à 1877.

M. Wolf donne aussi le tableau année par année, de 1700 à 1867, de ce qu'il appelle le *nombre relatif* des taches, ce nombre fournissant une évaluation approximative de la partie de la surface du disque solaire couverte de taches, en partant du chiffre 100 comme *maximum*, tel qu'il a eu lieu en 1848. Celui de 1860 n'a été que de 98,6. Le *minimum* de 1856 a été de 4,2 et celui de 1867 de 8,0. Il y en a eu de nuls en 1711 et 1712; il y a eu, en revanche, un *maximum* de 111 en 1837. Le n° 1717 des *Astr. Nachrichten*, qui a paru récemment, renferme la reproduction de ces deux curieux tableaux.

M. Wolf passe ensuite au récit des travaux suisses, exécutés en 1867, pour déterminer entre autres la longitude de son observatoire. De premières valeurs de la longitude de Zurich avaient déjà été obtenues par Jean Jaques Scheuchzer en 1707 et Henri Waser en 1770, par l'observation de quelques éclipses de Lune. Jean Feer avait déduit d'observations d'éclipses de soleil et d'occultations d'étoiles faites par lui de 1792 à 1806, et calculées par Triesnecker, que la longitude en temps, à l'est de Paris, de la tour de la cathédrale était de $24^m 49^s,7$; et Jean Eschmann avait obtenu, par la liaison géodésique de Zurich avec Strasbourg et Vienne $24^m 51^s$ pour cette même longitude. M. Wolf pouvait donc conclure déjà de ces deux valeurs que la longitude de son observatoire, à l'est de Paris, devait être très-approximativement de $24^m 51^s,5$.

Mais il était intéressant d'en obtenir une détermination directe, par la nouvelle méthode de télégraphie électrique. L'observatoire de Zurich avait, dès 1864, été lié au réseau télégraphique suisse. M. le professeur Plantamour, ayant été chargé par la Commission géodésique suisse, dont il fait partie de même que M. Wolf, de diverses opérations astronomico-géodésiques à effectuer sur la cime du Righi pendant l'été de 1867, on obtint l'établissement d'un bureau télégraphique sur cette cime, et la faculté de disposer, depuis 9 heures du soir, des lignes télégraphiques pour les usages scientifiques.

M. Wolf raconte alors en détail les signaux et les comparaisons de culminations d'étoiles qui ont été effectuées par ce moyen entre l'observatoire temporaire du Righi et ceux de Zurich et de Neuchâtel. Le temps a été, à cette époque, peu favorable pour ces opérations, ce qui les a fort prolongées. On a noté, à cette occasion, près de 31000 observations, signaux ou comparaisons de temps sur le chronographe de Zurich. M. Wolf espère qu'on aura obtenu en définitive de très-bons résultats ; mais les calculs ne sont pas achevés, et la publication de ces opérations doit être effectuée par la Commission géodésique suisse.

On a aussi continué à l'observatoire de Zurich les observations de distances zénitales, et M. Wolf décrit à cette occasion un petit appareil, pour faciliter la détermination du point Nadir avec un horizon de mercure. Une partie notable de ce dernier fascicule est consacrée à un travail analytique de M. Weilenmann sur la réfraction, dans lequel il adopte les vues énoncées sur ce sujet par M. Bauernfeind, dans le n° 1478 des *Astr. Nachrichten*, mais où il parvient à une formule plus simple, dans laquelle la constante de la réfraction est déduite directement chaque soir des observations elles-mêmes. Il donne des tables, aussi faciles dans leur emploi et aussi exactes que celles de Bessel, jusqu'à 86° de distance au Zénith, et où la correction de température n'est nécessaire que pour des astres voisins de l'horizon.

Le 24me fascicule est terminé, comme les précédents, par quelques articles bibliographiques relatifs aux taches, ou à ce que M. Wolf appelle *Sonnenfleckenlitteratur*. Le dernier, sous le n° 247, contient une analyse d'un travail manuscrit de M. Waldner de Zurich, relatif aux petites apparences lumineuses, floconneuses et occasionnelles, signalées près du soleil par M. Schwabe et qu'il a appelées *Lichtflocken*. M. Waldner les croit dues à des flocons de neige qui voltigent dans l'atmosphère. A. G.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'OCTOBRE 1868.

Le 2, éclairs à l'Ouest dans la soirée.
3, éclairs et tonnerres à 6 ½ h. du soir, direction de l'orage du Sud au Nord.
5, neige sur les plus hautes sommités du Jura, la première de la saison.
6, couronne lunaire, le matin de bonne heure; rosée.
7, faible halo solaire l'après-midi; halo lunaire le soir.
8, forte rosée le matin; couronne solaire jusqu'à 7 h. du matin.
12, forte rosée le soir.
13, brouillard le matin jusques près de 11 h.; forte rosée le soir.
14, brouillard le matin jusqu'à 9 h.; forte rosée le soir.
15, rosée le matin.
16, forte rosée le matin et le soir, faible halo solaire dans l'après-midi.
17, faible halo solaire dans la matinée, rosée le soir.
20, neige sur le grand Salève, la première de la saison: il a neigé également sur les autres montagnes des environs.
24, faible halo solaire vers midi.
26, couronne lunaire dans la soirée.
27, id. id.
28, rosée le soir.
29, le matin forte gelée blanche, la première de la saison; le minimum est descendu également pour la première fois au-dessous de 0.
31, couronne lunaire dans la soirée; rosée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 11 h. matin	724,74	Le 1 à 2 h. ap. m.	717,75
6 à 10 h. matin	732,67	3 à 6 h. matin	719,96
13 à 10 h. matin	731,20	9 à 2 h. ap. m.	726,82
20 à 10 h. soir	726,34	18 à 6 1/2 h. soir	713,90
26 à 10 h. matin	732,23	21 à 4 h. ap. m.	723,60
28 à 8 3/4 h. soir	737,71	27 à 6 h. matin	726,40
		29 à 10 h. soir	733,14

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°		cm.
1	718,86	— 7,86	+14,31	+2,02	+12,8	+16,9	11,13	+2,38	929	+115	740	1000	15,8	14	variable	0,94	15,8	0,0	172
2	722,91	— 3,78	+13,66	+1,53	+11,6	+16,6	9,86	+1,18	863	+ 47	680	1000	9,2	6	NNE. 2	0,89	16,9	+ 1,2	175
3	721,12	— 5,54	+14,59	+2,62	+12,5	+18,1	10,71	+2,10	874	+ 57	750	940	12,7	7	N. 1	0,88	16,9	+ 1,4	176
4	723,00	— 3,63	+11,02	—0,79	+ 8,8	+14,9	9,30	+0,76	980	+161	890	1000	7,3	9	N. 2	1,00	—	—	178
5	727,97	+ 1,37	+ 9,44	—2,21	+ 7,1	+11,8	7,01	—1,46	810	— 10	660	960	12,8	8¹/₂	NNE. 1	0,88	16,7	+ 1,4	180
6	731,91	+ 5,34	+11,05	—0,44	+ 7,3	+14,3	7,66	—0,74	784	— 38	600	940	..	...	N. 1	0,63	16,0	+ 0,8	182
7	729,75	+ 3,21	+10,86	—0,46	+ 6,4	+15,3	8,15	—0,18	849	+ 25	660	970	...	...	variable	0,49	15,9	+ 0,8	182
8	729,77	+ 3,26	+10,99	—0,17	+ 7,6	+14,4	7,69	—0,57	796	— 29	620	960	...	...	NNE. 2	0,84	16,2	+ 1,2	182
9	727,24	+ 0,75	+11,49	+0,50	+10,5	+13,4	7,47	—0,72	760	— 67	690	790	...	...	NNE. 1	0,91	16,0	+ 1,1	182
10	727,48	+ 1,01	+11,42	+0,59	+ 9,3	+14,2	8,50	+0,38	868	+ 40	750	950	...	...	N. 1	0,59	15,9	+ 1,2	179
11	729,78	+ 3,33	+11,65	+0,99	+ 9,2	+14,2	9,25	+1,20	916	+ 87	790	970	...	...	variable	0,99	—	—	177
12	730,48	+ 4,05	+13,11	+2,62	+ 9,9	+17,7	10,38	+2,40	922	+ 92	750	990	1,4	2	N. 1	0,49	16,4	+ 1,6	175
13	730,32	+ 3,91	+12,46	+2,14	+ 8,7	+18,3	9,95	+2,04	924	+ 93	670	1000	...	...	N. 1	0,43	16,1	+ 1,7	172
14	728,84	+ 2,45	+12,28	+2,13	+ 9,0	+16,9	9,94	+2,11	934	+102	740	1000	0,6	2	NNE. 1	0,72	16,0	+ 1,7	168
15	727,45	+ 1,08	+13,25	+3,27	+ 8,7	+16,5	8,22	+0,47	803	— 30	540	980	...	...	variable	0,40	16,1	+ 2,0	165
16	725,73	— 0,63	+11,07	+1,26	+ 6,2	+16,9	7,86	+0,19	812	— 22	520	1000	...	...	SSO. 1	0,21	16,1	+ 2,1	164
17	722,88	— 3,48	+11,90	+2,26	+ 7,0	+18,3	8,86	+1,27	848	+ 13	630	960	...	...	N. 1	0,44	16,0	+ 2,1	162
18	715,09	—11,27	+12,05	+2,58	+ 9,0	+16,5	9,49	+1,98	911	+ 75	760	960	3,4	5	variable	0,94	—	—	159
19	715,86	—10,49	+ 9,81	+0,51	+ 7,8	+16,5	7,99	+0,56	901	+ 65	720	990	4,5	6	SSO. 1	1,00	15,7	+ 2,1	157
20	722,95	— 3,40	+ 5,98	—3,15	+ 5,2	+ 8,6	5,77	—1,58	850	+ 13	740	950	13,7	8	SO. 1	1,00	15,1	+ 1,6	156
21	724,75	— 1,60	+ 6,29	—2,67	+ 2,6	+10,0	4,86	—2,41	719	—118	510	910	...	...	NNE. 1	0,38	14,9	+ 1,5	155
22	725,42	— 0,93	+ 6,79	—2,00	+ 2,0	+ 9,9	4,86	—2,33	679	—159	520	940	...	...	NNE. 1	0,76	14,8	+ 1,6	152
23	729,66	+ 3,32	+ 7,05	—1,56	+ 3,2	+13,0	5,25	—1,86	721	—117	480	900	...	...	NNE. 1	0,67	14,8	+ 1,7	150
24	729,99	+ 3,65	+ 8,49	+0,05	+ 6,0	+12,9	5,46	—1,57	681	—158	480	800	...	...	SO. 1	0,86	14,7	+ 1,7	148
25	730,12	+ 3,78	+10,79	+2,52	+ 6,0	+14,6	9,47	+2,52	962	+123	840	990	5,7	8	NO. 1	0,99	—	—	146
26	731,23	+ 4,89	+14,78	+6,68	+12.6	+18,1	8,11	+1,24	671	—169	480	760	...	...	SSO. 1	0,73	8,8	— 3,9	144
27	728,49	+ 2,15	+ 9,96	+2,04	+ 7,3	+14,1	7,07	+0,28	811	— 29	670	880	2,8	3¹/₂	NNE. 1	0,90	7,8	— 4,8	142
28	735,27	+ 8,93	+ 5,65	—2,10	+ 1,9	+ 9,0	3,94	—2,78	613	—228	430	810	...	...	NNE. 2	0,07	10,9	— 1,6	140
29	734,82	+ 8,47	+ 3,09	—4,48	— 1,7	+ 6,9	4,58	—2,07	812	— 29	580	1000	0,4	1¹/₂	variable	0,92	11,9	— 0,4	138
30	735,06	+ 8,71	+ 7,33	—0,07	+ 5,3	+13,0	5,66	—0,92	762	— 80	540	860	...	...	S. 1	0,91	12,8	+ 0,6	136
31	737,98	+11.63	+ 6.68	—0.55	+ 3,0	+11,9	5,52	—0,99	779	— 63	510	970	...	...	SO. 1	0,19	13,3	+ 1,2	134

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	725,80	726,26	726,39	726,05	725,59	725,64	726,10	726,52	726,84
2e «	724,87	725,39	725,51	725,10	724,59	724,34	724,59	724,82	724,97
3e «	730,51	731,25	731,50	731,28	731,04	731,00	731,39	731,56	731,57
Mois	727,17	727,75	727,92	727,60	727,20	727,12	727,49	727,76	727,92
	Température.								
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+10,23	+11,23	+12,49	+13,44	+14,08	+13,75	+12,83	+12,06	+11,54
2e «	+ 8,87	+10,10	+12,65	+13,93	+14,62	+13,75	+12,49	+11,47	+10,10
3e «	+ 6,38	+ 7,09	+ 9,22	+10,25	+10,91	+10,13	+ 8,37	+ 7,31	+ 6,83
Mois	+ 8,43	+ 9,40	+11,38	+12,47	+13,13	+12,46	+11,14	+10,18	+ 9,40
	Tension de la vapeur.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	8,72	9,08	8,94	9,07	8,88	8,88	9,11	8,75	8,46
2e «	8,39	8,80	8,98	8,99	8,88	9,22	9,37	8,95	8,52
3e «	6,16	6,25	6,20	6,05	5,85	5,64	5,91	5,96	6,15
Mois	7,70	7,99	7,98	7,97	7,81	7,84	8,06	7,82	7,66
	Fraction de saturation en millièmes.								
1re décade	926	909	824	785	736	754	823	838	838
2e «	978	944	821	757	718	780	875	904	933
3e «	851	815	702	639	598	599	706	765	815
Mois	916	887	780	724	681	707	798	833	860

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 9,39	+14,99	0,81	16,26	57,8	178,8
2e «	+ 8,07	+16,04	0,66	15,90	23,6	165,5
3e «	+ 4,38	+12,13	0,67	12,47	8,9	144,1
Mois	+ 7,19	+14,31	0,71	14,75	90,3	162,2

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,49 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 6°,4 O., et son intensité est égale à 19,8 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'OCTOBRE 1868.

Le 1er, 2, 3,	brouillard	tout le jour.
5,	id.	une partie de la journée.
8, 9,	id.	tout le jour.
14,	id.	depuis 2 heures du soir.
15,	id.	jusqu'à 8 heures du matin et à 6 heures du soir.
16,	id.	depuis 6 heures du soir.
17, 18, 19, 20,	id.	toute la journée.
21,	id.	à 6 h. et 10 h. du matin, et à 4 h. du soir.
24,	id.	depuis 8 h. du matin à Midi.
25,	id.	une partie de la journée.
28,	id.	jusqu'à 8 h. du soir.
29,	id.	une partie de la journée.
30,	id.	tout le jour.
31,	id.	jusqu'à 8 h. du matin.

Dans la nuit du 23 au 24, le lac s'est entièrement couvert de glace.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. soir............	565,07	Le 1 à 4 h. soir..	561,63
6 à 10 h. soir............	569,86	4 à 8 h. soir............	559,75
11 à 10 h. soir............	569,91	9 à 6 h. matin..........	565,63
26 à 8 h. matin..........	569,42	19 à 10 h. soir............	554,61
28 à 10 h. soir............	568,42	27 à 2 h. soir............	564,38
		30 à 6 h. matin..........	565,59

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant		Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim				
1	562,07	— 3,50	561,63	563,25	+ 4,40	+ 3,15	+ 3,8	+ 5,3	.....	78,2	18	SO.	3	1,00
2	564,39	— 1,10	564,02	565,07	+ 3,62	+ 2,51	+ 2,8	+ 4,9	.....	27,3	6	SO.	2	1,00
3	563,14	— 2,27	562,83	563,63	+ 3,34	+ 2,37	+ 2,3	+ 5,4	.....	52,9	10	SO.	2	0,98
4	560,69	— 4,63	559,75	562,53	— 1,08	— 1,91	— 2,2	+ 0,8	50	14,0	14	NE.	1	1,00
5	564,60	— 0,64	560,61	567,41	— 1,36	— 2,05	— 3,9	+ 0,3	70	4,8	5	NE.	1	0,82
6	569,21	+ 4,05	568,11	569,86	— 0,26	— 0,81	— 3,0	+ 2,1	.....	.....	......	SO.	2	0,34
7	568,20	+ 3,12	567,87	568,60	+ 2,96	+ 2,56	+ 1,5	+ 5,1	.....	.....	......	variable		0,66
8	566,13	+ 1,13	566,09	566,46	— 0,91	— 1,16	— 1,4	+ 0,3	.....	.....	......	NE.	1	1,00
9	566,32	+ 1,40	565,63	566,68	+ 1,00	+ 0,89	+ 0,6	+ 1,9	.....	.....	......	SO.	2	1,00
10	567,20	+ 2,36	566,32	568,58	+ 2,64	+ 2,68	+ 1,3	+ 5,5	.....	.....	......	SO.	1	0,72
11	569,07	+ 4,31	568,31	569,91	+ 3,03	+ 3,22	+ 1,4	+ 5,3	.....	.....	......	variable		0,72
12	569,61	+ 4,93	569,43	569,84	+ 2,74	+ 3,08	+ 1,6	+ 5,1	.....	....	......	NE.	1	0,90
13	569,19	+ 4,59	569,13	569,56	+ 1,69	+ 2,18	+ 0,8	+ 3,9	.....	.....	......	NE.	1	0,18
14	567,00	+ 2,48	566,39	567,79	+ 1,02	+ 1,65	— 0,6	+ 3,8	.....	.....	......	NE.	1	0,93
15	565,36	+ 0,92	564,83	565,73	+ 0,62	+ 1,40	— 1,5	+ 3,4	.....	.....	......	NE.	1	0,50
16	564,73	+ 0,37	564,48	565,43	+ 2,07	+ 3,00	— 0,6	+ 4,6	.....	.....	......	SO.	1	0,22
17	563,63	— 0,65	563,36	564,31	— 0,28	+ 0,80	— 0,5	+ 0,3	.....	.....	......	SO.	2	1,00
18	560,30	— 3,91	558,65	562,43	— 1,41	— 0,18	— 2,1	— 0,5	.....	.....	......	SO.	2	1,00
19	555,70	— 8,43	554,61	557,17	— 0,98	+ 0,40	— 3,2	+ 0,3	150	31,2	16	variable		1,00
20	558,19	— 5,86	555,65	560,14	— 5,63	— 4,10	— 7,1	— 3,5	240	22,7	14	NE.	1	1,00
21	559,45	— 4,52	559,09	560,14	— 8,56	— 6,88	—10,5	— 5,8	.....	.....	......	NE.	1	0,33
22	560,70	— 3,20	558,69	562,86	— 7,50	— 5,67	—10,4	— 3,9	.....	.....	......	NE.	1	0,51
23	564,03	+ 0,20	563,43	565,09	— 3,86	— 1,88	— 5,5	— 0,7	.....	.....	......	NE.	1	0,64
24	564,18	+ 0,43	563,44	564,69	— 5,30	— 3,17	— 6,2	— 2,5	.....	.....	......	NE.	1	0,99
25	567,70	+ 4,02	566,53	568,97	+ 0,34	+ 2,62	— 1,5	+ 2,0	.....	14,6	8	NE.	2	0,91
26	568,65	+ 5,04	567,73	569,42	+ 2,34	+ 4,77	+ 1,6	+ 5,0	.....	.....	......	NE.	1	0,36
27	564,76	+ 1,22	564,38	565,53	— 1,46	+ 1,12	— 5,0	+ 2,2	20	4,3	8	NE.	1	0,89
28	566,71	+ 3,24	564,73	568,42	— 8,37	— 5,65	—11,1	— 5,5	.....	.....	......	NE.	2	0,87
29	567,27	+ 3,87	566,82	568,11	— 3,78	— 0,91	— 8,5	— 1,1	6	0,2	1	NE.	1	0,84
30	567,00	+ 3,67	565,59	568,34	— 6,50	— 3,48	— 7,9	— 4,9	54	7,6	12	NE.	2	1,00
31	570,75	+ 7,49	568,42	572,62	— 4,95	— 1,78	— 7,0	— 3,2	.....	.....	......	NE.	2	0,30

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
				Baromètre.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	564,64	565,00	565,31	565,33	565,20	565,17	565,43	565,69	565,77
2e »	564,24	564,64	564,76	564,42	564,25	564,19	564,26	564,28	564,24
3e »	564,83	565,26	565,59	565,61	565,50	565,64	565,96	566,13	566,32
Mois	564,58	564,98	565,23	565,13	565,00	565,02	565,24	565,39	565,47
				Température.					
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 0,69	+ 1,32	+ 1,80	+ 2,13	+ 2,55	+ 2,47	+ 1,70	+ 1,51	+ 1,37
2e »	— 0,34	+ 0,23	+ 1,28	+ 1,92	+ 1,46	+ 1,00	+ 0,26	— 0,16	— 0,44
3e »	— 5,11	— 4,39	— 3,54	— 2,36	— 3,08	— 3,91	— 4,69	— 4,56	— 4,67
Mois	— 1,70	— 1,06	— 0,26	+ 0,47	+ 0,20	— 0,27	— 1,03	— 1,18	— 1,36

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 0,18	+ 3,16	0,85	177,2	120
2e »	— 1,18	+ 2,27	0,75	53,9	390
3e »	— 6,55	— 1,67	0,69	26,7	80
Mois	— 2,65	+ 1,16	0,76	257,8	590

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,39 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 19,4 sur 100.

* Voir la note du tableau.

LA LUMIÈRE

SES CAUSES ET SES EFFETS

PAR

M. ED. BECQUEREL

Membre de l'Académie des Sciences de Paris, etc.

2 vol. grand in-8°. Paris, 1867-1868.

I.

Nous avons annoncé, à l'époque de sa publication, le premier volume de cet important Traité[1]; le second vient de paraître, et l'ouvrage maintenant est complet.

Ce n'est point un Traité d'optique proprement dit; on n'y trouve point l'exposition des lois auxquelles la lumière est soumise, réflexion, réfraction, dispersion, double réfraction, polarisation, etc. On n'y trouve pas davantage la description des instruments et appareils dont la construction repose sur ces lois. Il n'y est question que des sources de la lumière et des phénomènes physiques et chimiques que son action détermine chez les corps; sujets qui occupent à peine quelques pages, soit dans les Traités de Physique, soit dans ceux d'Optique proprement dits. Il est vrai que ce n'est que depuis peu d'années, et grâce en particulier aux travaux de M. E. Becquerel lui-même, que ces questions ont pris un inté-

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.* (*Bibl. Univ.*) 1867, t. XXIX, page 231.

rêt et un développement tels que personne ne peut s'étonner qu'on consacre à leur étude deux gros volumes.

Parmi ces questions il en est plusieurs sur lesquelles nous ne nous arrêterons pas; telles sont celles relatives aux sources de la lumière soit naturelles, soit artificielles, en en exceptant toutefois la phosphorescence comme nous allons le dire; telles sont encore celles relatives aux effets calorifiques, aux effets physiologiques et à la vision. Tous ces sujets n'occupent qu'une place relativement petite dans l'ouvrage, plusieurs ne sont point nouveaux et les autres ne me paraissent pas avoir été encore l'objet de recherches assez multipliées et assez importantes pour donner lieu à une analyse critique de quelque étendue. Nous nous bornerons donc à en parler incidemment en traitant ceux des points qui nous paraissent dignes d'une attention particulière. Ces points sont avant tout l'action chimique de la lumière et la phosphorescence. Quoique M. Becquerel classe la phosphorescence dans les sources de la lumière, la partie la plus importante de ce sujet me paraît pouvoir, avec encore plus de raison, être considérée comme un effet de la lumière; je veux parler de la phosphorescence produite par la lumière elle-même. Comme c'est essentiellement de celle-là que je compte m'occuper, je n'en ferai l'examen qu'après que j'aurai fait celui des effets chimiques de la lumière. En effet, l'un et l'autre des phénomènes résultent également de modifications moléculaires opérées par l'action de la lumière sur les corps, et s'ils ne sont pas soumis aux mêmes lois exactement, ils présentent plus d'un rapport dans leur mode de production et dans les circonstances qui exercent une influence sur eux.

Exprimons, avant d'entrer en matière, un regret, c'est

que M. E. Becquerel, qui entend si bien tout ce qui concerne les rapports qui existent entre la lumière et la nature particulière des corps, ne se soit pas étendu davantage sur une des questions les plus intéressantes que présente l'étude de ces rapports ; je veux parler de la transparence ; cette propriété en apparence si simple et pourtant si peu expliquée encore. Il est vrai que, soit dans l'étude de l'analyse spectrale, soit dans celle de l'influence des écrans sur les radiations calorifiques et chimiques, l'auteur s'occupe de l'absorption opérée par divers milieux sur les ondulations lumineuses de différentes longueurs. Dans le chapitre intitulé : *Préliminaires*, mis en tête de son second volume, il aborde bien le sujet plus directement et en indique en passant le point capital, savoir qu'il ne peut y avoir d'extinction de la lumière, ou, ce qui revient au même, du mouvement ondulatoire qui produit la lumière, sans une transformation de ce mouvement en une modification moléculaire du corps ; il remarque que tant qu'on ne reconnaîtra pas tous les effets qu'un rayon lumineux produit sur un corps, il sera difficile de déterminer ce qu'on pourrait nommer l'équivalent mécanique de la lumière. M. Becquerel insiste bien sur le fait important que l'absorption est élective, c'est-à-dire qu'elle n'a pas lieu indifféremment et avec la même intensité pour tous les rayons, quelle que soit leur longueur d'onde. Il décrit encore quelques-uns des phénomènes d'absorption produits soit par les gaz et les vapeurs, soit par les liquides, soit par les solides, phénomènes qui expliquent la présence des raies noires dans les spectres lumineux. Enfin il insiste aussi sur les effets de diffusion qui varient avec les rayons différemment réfrangibles et sur les rapports qui les lient avec la couleur des corps vus, soit par

réflexion, soit par transmission. Certainement il y a, soit dans les détails que je viens de rappeler, soit dans d'autres encore que j'omets, bien des éléments propres à donner l'idée de la question de la transparence. Mais j'aurais aimé la voir traiter d'une manière plus explicite et plus complète, trouver mieux groupés et moins épars tous les faits qui s'y rattachent. J'aurais aimé que l'auteur eût fait quelques rapprochements entre la transparence et la constitution soit moléculaire, soit chimique des corps. La transparence de l'atmosphère et les causes qui peuvent l'influencer auraient pu aussi être l'objet d'une étude intéressante. Si je regrette les quelques lacunes que je viens de signaler, c'est par deux motifs : le premier, que le sujet de la transparence me paraît être l'un des plus intéressants de la physique par la liaison qu'il tend à établir entre la matière pondérable et le mouvement ondulatoire de l'éther ; le second, c'est que M. E. Becquerel me paraît avoir montré par ses travaux sur des sujets analogues qu'il est l'un des physiciens les plus aptes à combler ces lacunes.

II.

J'arrive maintenant à l'étude des effets chimiques de la lumière. Deux remarques préliminaires importantes se présentent.

La première concerne une différence importante qui existe entre les effets calorifiques et les effets chimiques. On a longtemps dit que, tandis que les effets calorifiques étaient produits par la partie la moins réfrangible du spectre, les effets chimiques étaient par contre engendrés par la partie la plus réfrangible. Or, cette différence entre les rayons calorifiques et les rayons chimiques n'existe

point d'une manière aussi absolue. Il est parfaitement vrai qu'il y a une radiation calorifique en dehors de la radiation lumineuse qui se compose essentiellement des rayons les moins réfrangibles, rouges, ultra-rouges et même obscurs en dehors du rouge. Cette radiation forme un spectre calorifique tout à fait différent du spectre lumineux, et l'intensité des effets calorifiques ne dépend que de la faculté absorbante des corps pour les divers rayons de ce spectre. Il n'en est pas tout à fait de même des effets chimiques. Il n'y a point un spectre chimique comme il y a un spectre calorifique; ce sont, suivant la substance soumise à l'action chimique de la lumière, tantôt les rayons violets, tantôt les verts, tantôt les jaunes qui produisent le maximum d'effet, de sorte que, pour éprouver l'effet de l'action chimique, chaque substance particulière exige des rayons d'une longueur d'onde comprise entre certaines limites déterminées qui ne sont point les mêmes pour toutes.

La seconde remarque préliminaire que nous avons à faire, concerne la nature même des modifications produites dans l'état des corps par la lumière. Nous savons qu'il y a des effets calorifiques et des effets chimiques; tous les autres effets peuvent-ils être ramenés à ces deux effets généraux, ou bien la lumière produit-elle des effets moléculaires directs et distincts des effets calorifiques et chimiques? Elle exerce évidemment une influence sur la cristallisation, elle détermine une coloration rouge sur le phosphore qui ne paraît pas être le résultat d'une oxydation, mais bien celui d'une transformation moléculaire. On avait cru qu'elle exerçait sur le chlore une modification allotropique qui le rendait plus apte à se combiner avec l'hydrogène; mais MM. E. Becquerel et Frémy ont

montré par des expériences très précises que le dernier fait n'était pas exact. Ce qui par contre est parfaitement prouvé, c'est que le verre éprouve des changements de teinte à la lumière, et, chose curieuse, ces changements ne sont pas seulement superficiels, ils finissent par atteindre toute la masse du verre. Il semblerait naturel d'attribuer cet effet à ce que, sous l'influence de la lumière, le peroxyde de fer cède une partie de son oxygène au peroxyde de manganèse qui passerait à un état d'oxydation supérieure; mais ce qui semble infirmer cette explication c'est que le verre puisé dans un creuset avec la canne du verrier présente une couleur améthyste si on le trempe, et que ce n'est que par le recuit qu'il perd sa couleur; ainsi, la trempe produit le même effet que l'insolation. Il semble donc que la lumière détermine, comme la trempe, un changement dans l'état moléculaire du verre et non un changement chimique. Cependant bien d'autres phénomènes du même genre qu'on avait cru provenir d'une modification moléculaire, ont été reconnus comme étant dus à une altération chimique. On ne peut donc encore, malgré quelques cas qui semblent péremptoires, se prononcer d'une manière positive sur cette question qui mériterait d'attirer l'attention et de provoquer les recherches des physiciens.

Je passe maintenant à l'exposition des effets incontestablement chimiques de la lumière. M. Becquerel rappelle d'abord les combinaisons produites sous l'action de la lumière, en présence du chlore, du brome, de l'iode ou de l'oxygène. La tendance du chlore à se combiner avec l'hydrogène est telle, que la plupart des matières hydrogénées mises en présence de ce gaz, se décomposent à la lumière directe ou diffuse en produisant de l'acide

chlorhydrique et d'autres composés secondaires. L'eau chlorée elle-même est altérée par l'action de la lumière. Le brome et l'iode se comportent comme le chlore, avec cette différence toutefois que les effets ne sont pas aussi énergiques. L'oxygène lui-même, sous l'influence de la lumière, peut s'unir non-seulement à plusieurs composés métalliques tels, par exemple, que le protoxyde de plomb, mais encore à un très-grand nombre de substances de nature organique, et donner lieu à des réactions qu'on n'apprécie le plus souvent que lorsqu'elles sont accompagnées d'un changement de couleur. Un des exemples les plus curieux de ces effets, ce sont les changements de couleur observés avec la résine de gaïac. Un certain nombre de matières colorantes fixées sur des étoffes de coton, de soie et de laine se décolorent sous l'influence de la lumière, non dans le vide où elles peuvent rester sans s'altérer pendant plus de deux ans, ainsi que l'a observé M. Chevreul, mais en présence de l'oxygène. Certaines matières organiques, telles que les hydrogènes carbonés et les huiles essentielles, lors même qu'elles n'éprouvent aucun changement de couleur, ne s'en combinent pas moins avec l'oxygène sous l'action de la lumière; du moins cette combinaison a lieu avec un ou plusieurs éléments constituants de la substance.

L'action de la lumière ne produit pas seulement des combinaisons, mais elle détermine surtout des décompositions. Le nombre des substances qui sont décomposées en partie ou en totalité par cette action est très-considérable. En général les sels des métaux qui ont plusieurs degrés d'oxydation sont impressionnables quand ils sont à l'état de peroxyde, car ils tendent à passer à un degré inférieur d'oxydation sous l'influence de la lumière, soit

quand ils sont isolés, soit le plus souvent quand ils sont en présence de composés réducteurs qui sont presque toujours des substances organiques. Une remarque importante, c'est que l'état physique des corps impressionnables exerce une action marquée sur l'effet produit ; ainsi parmi les sels d'argent obtenus à l'état de précipitation par double décomposition, le chlorure et le bromure sont très-sensibles, l'iodure ne l'est pas, tandis que, lorsque ces mêmes composés sont préparés à la surface de lames d'argent par l'action des vapeurs d'iode, de brome, ou de chlore, l'iodure est beaucoup plus sensible que le bromure ou le chlorure.

Mais ce qui nous paraît le plus intéressant à signaler, c'est ce qui concerne les effets chimiques continués après l'influence de la lumière. On sait que dans l'expérience de Daguerre, pour faire apparaître l'image sur la plaque d'argent iodurée qui a été exposée un instant à la lumière, il faut l'exposer à la vapeur de mercure qui se fixe sur les parties frappées par la lumière. La lumière seule, en continuant à agir, peut produire le même effet que la vapeur de mercure; ce qu'il y a de curieux, c'est que certains rayons lumineux qui n'auraient pas exercé d'action dans des conditions ordinaires peuvent continuer une action commencée par d'autres. C'est à M. Ed. Becquerel qu'on doit cette découverte importante qu'il a faite en étudiant l'action des différentes parties du spectre solaire sur l'iodure, le bromure et le chlorure d'argent. Ces composés préparés sur des plaques métalliques ne sont sensibles que depuis le bleu jusqu'au violet prismatique quand ils ont été préparés à l'obscurité, et deviennent impressionnables depuis le bleu jusqu'au rouge quand ils ont reçu un commencement d'action de la part de la lu-

mière. On obtient le même effet au moyen d'écrans colorés ; ainsi les rayons transmis à travers un verre jaune ou rouge peuvent continuer l'action commencée, mais ne peuvent pas la commencer eux-mêmes ; c'est ce qui fait que M. E. Becquerel a appelé *rayons continuateurs* ces rayons peu réfrangibles, et *rayons excitateurs* les plus réfrangibles.

Ce que nous venons de dire nous amène à nous occuper d'une manière plus générale des effets produits par les rayons différemment réfrangibles.

La coloration rouge du phosphore et la combinaison du chlore et de l'hydrogène ont lieu sous l'influence des rayons les plus réfrangibles et principalement des rayons violets et ultra-violets ; elles ne se produisent pas dans le rouge ni dans l'orangé, et ne commencent à être un peu sensibles que dans le jaune et dans le vert.

C'est sur les combinaisons d'argent que se reconnaît le mieux l'action des différents rayons du spectre solaire ; l'effet se produit en général depuis le bleu jusqu'au delà du violet ; seulement dans quelques cas il y a effet de continuation dans le rouge jusqu'au bleu sur les surfaces qui ont été préalablement impressionnées ; nous y reviendrons dans un instant, sans nous occuper des composés métalliques autres que ceux d'argent ; mais auparavant, disons un mot de l'action de la lumière sur les matières organiques. On peut conclure de l'ensemble des faits observés par plusieurs savants, et notamment par Herschell, que les rayons les moins réfrangibles sont les plus efficaces pour produire l'oxydation des couleurs végétales, tandis que pour agir sur les composés métalliques ce sont les plus réfrangibles. Parmi les observations de Herschell rapportées par M. E. Becquerel, nous cite-

rons, comme particulièrement intéressantes, celles que les rayons les plus efficaces pour la destruction d'une couleur végétale sont, dans un grand nombre de cas, ceux qui, par leur couleur, sont complémentaires de la couleur de la matière végétale détruite. C'est ainsi que les matières végétales d'une couleur jaune ou orangée ont leur couleur détruite avec plus d'énergie par la partie bleue du spectre, les couleurs bleues par les rayons rouges, orangés et jaunes, et les matières pourpres et rosées par les rayons jaunes et verts; il n'y a qu'un petit nombre d'exceptions. Il est possible que ces résultats s'expliquent par le fait que la lumière, dont la couleur est complémentaire de celle du corps, est précisément celle qui est la mieux absorbée et qui doit produire, par conséquent, le plus d'effet. Ne se pourrait-il pas qu'il en fût de même dans les autres cas ?

L'action des écrans incolores et colorés sur l'effet chimique produit par les rayons qui les traversent et l'influence de la nature des sources lumineuses sur l'intensité de leur activité chimique, ne nous paraît pas de nature à nous occuper longtemps.

On a remarqué, en général, quant aux écrans, que les liquides les plus réfrangibles, tels que le sulfure de carbone, arrêtent l'effet des rayons violets et ultra-violets sur les surfaces sensibles. Avec les différents écrans colorés, les parties du spectre lumineux qui sont absorbées correspondent exactement aux régions où les impressions chimiques n'ont pas lieu, seulement il faut faire entrer en ligne de compte, dans cet ordre d'expériences, que lorsqu'il s'agit d'actions chimiques, un faisceau de rayons d'une intensité faible peut ne produire aucune action, tandis que si cent faisceaux de rayons égaux faibles aussi viennent

frapper la matière sensible ensemble ou successivement, cette matière reçoit dans les deux cas la même impression, car il y a dans l'un et l'autre cas la même somme d'actions chimiques. Cette différence, entre l'action chimique et la vision, provient de ce que la rétine ne conserve que pendant un temps très-court l'impression de la lumière, tandis que la substance chimique sensible conserve et accumule l'impression qu'elle reçoit des rayons lumineux.

Une remarque importante quant à l'absorption de la partie active du rayonnement lumineux, c'est l'influence qu'exerce le passage de la lumière à travers un milieu semblable à celui sur lequel elle doit agir. Ainsi quand on fait traverser à un faisceau de rayons solaires une dissolution de peroxalate de fer qui est jaune foncé, ces rayons, après leur sortie du liquide, ne donnent plus lieu à la décomposition d'une dissolution semblable. MM. Bunsen et Roscoe avaient déjà remarqué que les rayons qui ont traversé un mélange à proportions égales de chlore et d'hydrogène éprouvent une absorption plus grande au point de vue de leur activité chimique appréciée par leur action sur un mélange semblable, que celle qui correspond à l'absorption opérée par chacun des gaz séparément. Cette diminution tient évidemment à ce que chaque espèce d'action chimique est produite par certains rayons qui perdent plus ou moins leur pouvoir lorsqu'ils ont déjà agi, ce pouvoir étant nécessairement limité.

La nature des sources lumineuses a, indépendamment de leur intensité, une influence considérable sur les effets chimiques que produisent les rayons qui en émanent. Tandis que les flammes provenant de matières carbonées agissent fortement sur les substances organiques, elles sont sans action sur les sels métalliques qui exigent,

pour être impressionnés, des rayons très-réfrangibles et par conséquent des sources lumineuses qui proviennent de l'irradiation de matières solides, telles que la combustion du magnésium et l'arc voltaïque, sources dont l'intensité est très-grande à cause de leur haute température.

J'arrive à un sujet qui est développé avec soin dans l'ouvrage de M. E. Becquerel, c'est celui qui a trait aux recherches intéressantes que ce physicien a faites sur les effets électriques produits sous l'influence de l'action chimique de la lumière, et au parti qu'il en a tiré pour l'étude plus précise de cette action même.

Son point de départ est que, lorsqu'on place deux lames de platine dans un liquide conducteur, dont l'une est recouverte d'une couche mince de chlorure ou de bromure d'argent, tandis que l'autre a sa surface parfaitement nette, les deux lames étant réunies par le fil d'un galvanomètre, on obtient un courant électrique en faisant arriver des rayons de lumière sur la lame recouverte du composé d'argent. Cet effet est dû à la décomposition du chlorure ou du bromure; il faut avoir soin seulement d'employer un liquide conducteur tel qu'une dissolution d'acide sulfurique ou de sulfate de soude, qui n'exerce aucune action chimique sur le chlorure et le bromure d'argent.

M. E. Becquerel a trouvé dans ce phénomène très-sensible et très-constant le principe d'un appareil propre à mesurer l'intensité chimique des divers rayonnements lumineux, appareil qu'il a nommé *actinomètre chimique*. La lame impressionnable qu'il emploie est une lame d'argent qu'il recouvre d'une couche de chlorure en la plaçant dans de l'acide hydrochlorique, comme électrode positive d'un courant électrique dont l'électrode négative

est une lame de platine. Cette lame noircit en prenant des teintes correspondantes à celles des lames minces, et on arrête l'action quand on a obtenu la teinte violacée du quatrième ordre. Cette couche mince de sous-chlorure violet donne les effets les plus réguliers et elle est sensible entre les mêmes limites de réfrangibilité que la rétine. On peut également préparer la lame d'argent en la plongeant dans une solution étendue de bichlorure de cuivre. Il faut ensuite chauffer les lames préparées suivant l'un ou l'autre des deux modes jusqu'à 150 à 200°; elles deviennent alors rosacées. Cette opération fait qu'elles ne sont pas impressionnées en dehors des limites de réfrangibilité des rayons lumineux, ce qui n'aurait pas lieu sans ce recuit. J'omets les détails relatifs à la construction de l'actinomètre même et à son emploi; je me borne à noter que c'est un appareil très-sensible et dont l'action est très-durable.

Remarquons cependant que les intensités du courant électrique ne peuvent être considérées comme proportionnelles à l'intensité de l'action chimique exercée sur la substance, et par conséquent à l'intensité lumineuse active; elles indiquent seulement si cette intensité lumineuse est plus grande ou plus petite dans une circonstance que dans une autre.

Toutefois, en faisant varier, au moyen d'une ouverture à bords mobiles placée sur la route des rayons rendus parallèles, la largeur du faisceau incident, et par conséquent l'intensité de ce faisceau qui agirait toujours sur une surface de même étendue et produirait la même déviation galvanométrique, on pourrait comparer les intensités lumineuses qui seraient inversément proportionnelles aux largeurs du faisceau agissant.

L'emploi de l'actinomètre chimique a permis à M. E. Becquerel de reprendre avantageusement l'étude détaillée des phénomènes divers que présente l'action chimique de la lumière; parmi les résultats qu'il a obtenus, nous insisterons surtout sur ceux qui constatent les différences remarquables qui existent sous plus d'un rapport entre les rayons différemment réfrangibles.

Il a employé successivement comme substance impressionnable, dans son actinomètre chimique, une lame d'argent recouverte d'une couche mince de iodure et une autre lame d'argent recouverte de la couche de sous-chlorure violet. Au moyen de la plaque iodée, il a découvert dans le spectre deux parties actives très-distinctes. La première formée des rayons les plus réfrangibles dont le maximum est entre les raies *G* et *H*; la seconde composée de la partie la moins réfrangible du spectre qui n'agit que sur l'iodure qui a déjà été impressionné et d'autant plus qu'il a été plus impressionné, jusqu'à ce que le maximum atteigne presque le maximum de la partie la plus réfrangible; ce second maximum est entre *D* et *E*. On a donc avec l'iodure déjà impressionné deux courbes distinctes, tandis qu'on n'en a qu'une qui va au delà du violet avec celui qui n'a pas été impressionné préalablement.

Avec le sous-chlorure d'argent violet il n'y a qu'une seule courbe, et cette courbe correspond exactement à celle des intensités lumineuses, et il n'y a d'effet que là où a agi la partie lumineuse du spectre. Il n'y a jamais d'effet, dans aucun cas, à la limite du rouge extrême et au delà.

J'arrive ici à l'un des phénomènes les plus curieux parmi ceux qu'a découverts M. E. Becquerel, et qu'il décrit dans son ouvrage; c'est celui de la reproduction des couleurs

par l'action même de la lumière. Ce sujet est traité dans la partie de l'ouvrage consacrée à la photographie, sur laquelle l'auteur s'étend avec assez de développements en exposant les phases successives par lesquelles a passé cette découverte, et en décrivant les divers procédés qu'on emploie pour en tirer les meilleurs résultats. Nous nous bornons à signaler, sans entrer dans aucun détail, les pages consacrées à ce sujet, qui est l'application des principes exposés ailleurs. Nous ne faisons exception que pour le point curieux de la reproduction photographique des couleurs.

C'est en employant le même sous-chlorure d'argent qui lui sert dans son actinomètre, que M. E. Becquerel est parvenu à obtenir des empreintes colorées. Parmi les manières de préparer ce sous-chlorure dont il a fait usage, la plus facile consiste à prendre du sulfate de cuivre du commerce et du chlorure de sodium ; la dissolution s'en opère avec production d'une double réaction, et il se forme du bichlorure de cuivre; on mélange un volume de ce liquide avec un volume d'une dissolution saturée de sel marin et de six volumes d'eau. Il suffit alors de plonger une plaque d'argent ou de plaqué d'argent dans ce liquide, pour qu'elle prenne rapidement une teinte violette due à la présence d'une légère couche de chlorure d'argent, et qu'elle devienne impressionnable à l'action du spectre dont elle reproduit les nuances principales. Les lames d'argent employées doivent être d'une très-grande pureté et décapées avec soin.

Ce mode de préparation a seulement l'inconvénient de ne pas permettre d'augmenter à volonté l'épaisseur de la couche impressionnable ; aussi M. E. Becquerel a-t-il préféré pour ses expériences délicates lui substituer un autre

procédé moins simple et moins facile, qui consiste à amener peu à peu à la surface des lames d'argent, au moyen d'un courant électrique, du chlore à l'état naissant qui attaque l'argent et donne la couche impressionnable. Le liquide dans lequel on plonge la lame en la faisant servir d'électrode positive, est de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique dans la proportion de huit litres d'eau pour un d'acide ordinaire ; on peut, en interposant un voltamètre dans le circuit, régler la quantité convenable de chlore qui doit être déposée sur la plaque d'argent. Il faut opérer entre les limites de 4 à 7 centimètres cubes de chlore par décimètre carré, suivant l'épaisseur de la couche dont on a besoin. Plus la couche est mince, plus la substance est impressionnable, mais aussi moins les nuances colorées sont belles. Pour avoir de bons effets, il faut préparer la lame dans l'obscurité et mettre environ $6^{cc},50$ de chlore par décimètre carré de surface ; ce qui donne une couche mince violette du quatrième ordre des anneaux colorés.

En recevant sur une lame ainsi préparée, le spectre solaire, on voit d'abord s'impressionner les parties qui sont frappées par les rayons les plus lumineux, c'est-à-dire par la partie du spectre qui correspond au vert, au jaune, à l'orangé et au rouge ; elles prennent des teintes correspondantes à celles de ces rayons. En laissant continuer l'action, le bleu et le violet ne tardent pas à paraître, en même temps que les autres parties de l'impression prismatique prennent plus d'éclat. Au bout de plusieurs heures, si le spectre est peu intense, on a une très-belle reproduction du spectre lumineux avec toutes ses nuances ; le rouge seul entre *B* et *A* est un peu trop sombre ; mais on doit remarquer qu'au commencement de l'action l'im-

pression est très-rouge et de même nuance que celle du rouge même du spectre. Ce n'est que la prolongation de l'action nécessaire pour la reproduction des autres couleurs qui la fait foncer davantage. Une trop longue exposition de la plaque à l'action du spectre développe une teinte grise qui se montre d'abord dans le jaune et dans le vert, et qui gagne peu à peu les autres parties du spectre à mesure que l'action se continue, et l'on finit par avoir une impression d'une seule couleur provenant de la décomposition complète de la substance impressionnable dans toute l'étendue du spectre. C'est donc lors du passage d'un état à un autre de la matière impressionnable, que chaque rayon imprime sa couleur à cette matière, et lorsque la transformation chimique que les rayons provoquent est entièrement terminée, les couleurs ont disparu. Le courant électrique auquel donne naissance l'altération qu'éprouve, par l'action de la lumière, le sous-chlorure d'argent est toujours dirigé dans le même sens, quel que soit celui des rayons colorés qui agisse ; il en résulte qu'on ne peut admettre qu'il y ait autant de réactions chimiques différentes qu'il y a de couleurs dans le spectre. Il y a donc une seule et même transformation chimique de la matière impressionnable, qui est accompagnée d'une modification superficielle de cette matière, différente suivant la réfrangibilité des rayons actifs.

C'est aussi probablement à une modification dans l'état physique de la substance impressionnable qu'est dû l'effet d'une exposition préalable de la lame d'argent chlorurée à une température de 30 à 35° pendant plusieurs jours. Cette espèce de recuit a l'avantage d'arrêter toute impression au delà du violet et de diminuer la teinte foncée qui se produit au delà du rouge extrême. Elle per-

met aussi de conserver dans l'obscurité les lames qui l'ont éprouvée jusqu'au moment où l'on en a besoin pour obtenir une image du spectre solaire qui s'imprime très-bien avec toutes ses couleurs, surtout si la lame a été peu chauffée et que sa surface ait seulement une teinte bois, c'est-à-dire un peu rougeâtre.

On peut donc, ainsi que nous venons de l'indiquer, obtenir sur les lames des traces de coloration au delà du violet et une teinte amarante au delà du rouge, surtout si le recuit n'est pas suffisant. Mais on peut agir sur les rayons ultra-violets par certains écrans transparents, tels qu'un écran liquide de bisulfate de quinine qui les absorbe, de sorte qu'un pareil écran mis sur la route d'un faisceau de rayons solaires avant sa réfraction arrête toute action à partir des rayons correspondants à *H*. L'action de cet écran est très-précieuse dans certains cas, pour la reproduction des images colorées de la chambre noire ; en effet, grâce à l'absorption que ce liquide fait éprouver aux rayons ultra-violets, la matière sensible n'est plus impressionnée qu'entre les mêmes limites de réfrangibilité que la rétine. On n'a pas jusqu'ici trouvé d'écran qui puisse enlever la portion du rayonnement située au delà du rouge ; ce n'est qu'à l'aide du recuit qu'on peut diminuer beaucoup cette action et quelquefois la faire disparaître entièrement. Quant à l'effet de verres colorés placés sur la route de la lumière blanche, ils consistent en général, à peu d'exceptions près, en ce que les rayons qui les traversent produisent sur la lame une coloration semblable à la leur ; mais seulement les impressions sont moins nettes et moins pures qu'avec les rayons du spectre solaire.

Sans m'arrêter aux détails que donne M. E. Becquerel sur les essais qu'il a faits pour la reproduction des

images colorées de la chambre noire, ainsi que des estampes coloriées, mais jusqu'ici assez peu satisfaisants au point de vue pratique, je signalerai un point important qui explique les difficultés que rencontre dans l'application sa belle découverte de la fixation des couleurs. C'est l'altération qu'éprouvent à la lumière les images photographiques solaires. On peut les conserver indéfiniment dans l'obscurité, mais à la lumière elles s'altèrent, le sous-chlorure d'argent continuant à l'impressionner suivant la couleur des rayons avec lesquels on l'éclaire. Tous les lavages et autres procédés essayés pour empêcher cette altération ont été jusqu'ici infructueux.

Si donc au point de vue pratique la reproduction des couleurs par l'action de la lumière laisse encore beaucoup à désirer, la découverte d'une substance jusqu'ici unique dans son genre qui a la faculté de reproduire les nuances des rayons lumineux actifs, et qui permet de *peindre avec la lumière,* présente par contre, au point de vue scientifique, un immense intérêt.

Jusqu'ici le sous-chlorure d'argent violet est le seul corps chimiquement impressionnable qui, véritable rétine minérale, jouisse de la propriété remarquable de reproduire les nuances des rayons lumineux actifs ; à quoi tient cette propriété, se demandera-t-on. Les rayons lumineux ne diffèrent entre eux, au point de vue physique et chimique, que par la longueur de leurs ondulations ; et la couleur n'est qu'un phénomène psychologique en rapport avec ces longueurs d'ondulation ; comment donc peut-il se faire que, en frappant le sous-chlorure d'argent violet, un rayon d'une certaine longueur d'ondulation, y laisse l'empreinte de la couleur qui correspond à cette longueur ? M. E. Becquerel croit qu'on peut expli-

quer cet effet en admettant que la substance sensible qui a été impressionnée par des ondulations lumineuses d'une certaine longueur, a acquis la faculté de vibrer plus facilement sous l'action des ondulations de cette même longueur. Il en résulterait que, lorsqu'un faisceau de lumière viendrait frapper une image produite par l'action de rayons de différentes couleurs, chaque partie de l'image vibrerait de préférence sous l'influence des rayons de même longueur d'onde que ceux qui ont agi pour la produire ; et alors les rayons réfléchis par les divers points de cette image se trouveraient identiques à ceux qui lui ont donné naissance. Ce serait un phénomène analogue à celui qui se passe quand une réunion de sons vient frapper une corde tendue ; on sait qu'il n'y a que les sons de même hauteur que celui que rendrait la corde, qui mettent celle-ci en vibration.

L'explication que nous venons de donner, en faisant considérer l'apparition de l'image colorée comme une espèce de phosphorescence, nous montre la liaison qui existe au fond entre l'influence chimique et l'influence phosphogénique de la lumière. Ce rapprochement ressortira d'une manière encore plus frappante de l'étude rapide que nous allons faire maintenant de la partie de l'ouvrage de M. E. Becquerel, qui se rapporte aux effets lumineux produits par la lumière.

III.

La lumière produit de la chaleur, elle détermine des actions chimiques et enfin elle rend lumineux les corps qui ne le sont pas par eux-mêmes. Parmi les corps il en est qui ne sont lumineux que pendant que la lumière les frappe ; il en est d'autres qui restent lumineux plus ou

moins longtemps après que la lumière a cessé de les frapper. Cette propriété constitue la phosphorescence; connue d'ancienne date, elle paraissait n'appartenir qu'à un nombre de corps très-limité, et en particulier à certains sulfures alcalino-terreux désignés sous les noms de phosphores de Canton et de phosphores de Bologne. Ces matières, qui sont des sulfures de calcium, de barium et de strontium, peuvent, après avoir été exposées à l'insolation, luire pendant plusieurs heures dans l'obscurité, mais en présentant des lueurs décroissant rapidement d'intensité dans les premiers instants, puis allant ensuite en s'affaiblissant plus lentement. Il n'est pas besoin de dire que la lueur est émise dans le vide comme dans les gaz, et que l'action n'est accompagnée d'aucun effet chimique; elle est donc le résultat d'une modification physique temporaire.

Le nombre des substances susceptibles de phosphorescence s'est graduellement accru; ce sont d'abord quelques minéraux et en particulier le diamant et la chaux fluatée, plusieurs autres composés à base de chaux, un grand nombre de composés de barium et de strontium, puis encore la magnésie, la soude, la potasse et quelques-unes de leurs combinaisons, etc. En général, l'état moléculaire et la présence de l'eau exercent une grande influence sur le pouvoir de phosphorescence de la plupart de ces corps, car, après avoir été fondus, ils perdent ce pouvoir. Les composés métalliques sont rarement phosphorescents; la plupart des matières organiques jouissent au contraire de cette propriété.

M. E. Becquerel entre dans beaucoup de détails sur la préparation des divers sulfures phosphorescents et sur les diverses circonstances qui influent sur la durée, l'in-

tensité et la couleur de la lumière qu'ils émettent, circonstances qui semblent dépendre uniquement de l'état moléculaire de ces composés. Nous ne nous y arrêterons pas, mais nous insisterons par contre sur l'un des points les plus importants du sujet, celui qui tient à la durée de la persistance de l'impression lumineuse sur les corps, et qui se rattache à l'une des plus brillantes découvertes de l'auteur.

Jusqu'à cette découverte on n'avait pu observer les phénomènes de phosphorescence que dans les cas très-particuliers où les corps présentent une persistance assez grande dans l'impression exercée sur eux par la lumière. En imaginant un appareil qu'il a nommé *phosphoroscope*, M. E. Becquerel a pu constater que le phénomène de la phosphorescence est beaucoup plus général qu'on ne le pensait, et a réussi à préciser les conditions dans lesquelles il se produit.

Au moyen de cet appareil les corps sont vus par l'observateur après qu'ils ont été frappés par la lumière, de façon que le temps qui sépare le moment de l'observation de celui de l'action lumineuse est aussi court que l'on veut et peut être mesuré; les effets lumineux sont en même temps continus. Nous ne pouvons décrire ici cet appareil fondé sur la rotation rapide imprimée à deux disques portés sur le même axe et percés à leur circonférence d'ouvertures qui ne correspondent pas, mais disposées de façon que si par les ouvertures de l'un des disques de la lumière arrive sur un corps placé entre les deux, la lumière provenant de la phosphorescence de ce corps arrivera à l'œil par les ouvertures du second disque. L'appareil qui réalise cette disposition permet de voir les corps d'une manière continue après qu'ils ont reçu l'impression lumineuse, et cela

en vertu de la lumière qu'ils ont acquis la faculté d'émettre. Toute trace de lumière incidente est éliminée, même quand la durée de l'impression lumineuse n'est que de $\frac{1}{5000}$ de seconde. Si le corps, au lieu d'être transparent est très-mince tout en étant opaque, il est indifférent qu'il soit vu par transparence du côté opposé à celui par lequel la lumière incidente vient le frapper ; mais dans d'autres cas on dispose l'appareil de façon que le corps soit vu du côté même par lequel la lumière extérieure vient l'influencer.

L'emploi du phosphoroscope a montré qu'un très-grand nombre de corps peuvent devenir lumineux quand ils sont éclairés fortement par la lumière solaire ou électrique concentrée avec une lentille. Parmi les corps simples le soufre possède, comme le carbone à l'état de diamant, cette propriété d'une manière marquée ; les métaux jusqu'ici n'ont présenté aucune trace de phosphorescence. Les bases alcalines et alcalino-terreuses, ainsi que la plupart de leurs combinaisons, sont les corps qui présentent les effets les plus prononcés ; l'alumine surtout et ses composés sont dans ce cas. Par contre la silice ne manifeste aucune action, sauf dans les circonstances spéciales où ses composés laissent prédominer l'effet des bases qui se trouvent combinées avec elle.

M. E. Becquerel a fait un très-grand nombre de recherches intéressantes avec le phosphoroscope ; nous ne pouvons les examiner toutes ; nous n'insisterons que sur celles qui nous paraissent fondamentales.

L'emploi du phosphoroscope fait reconnaître qu'il existe une intensité maximum de la lumière émise par un corps pour une intensité lumineuse incidente déterminée. Cela tient à ce que le temps au bout duquel le corps placé

dans le phosphoroscope acquiert son effet maximum, dépend non-seulement de l'intensité de la lumière incidente, mais encore de la capacité que possède le corps lui-même de recevoir l'impression lumineuse, et de son pouvoir absorbant. Une fois qu'on a le moyen d'étudier ainsi l'action exercée par de la lumière sur un corps en arrivant à une vitesse telle que l'on observe le maximum d'effet, il est nécessaire d'examiner comment, avec la même substance, l'intensité de la lumière émise varie, alors que l'intensité de la lumière incidente change entre des limites déterminées. Or, un grand nombre d'expériences montrent qu'entre les limites de 1 à 100 pour la lumière solaire, l'intensité de la lumière émise par chaque substance en vertu de son action propre, est sensiblement proportionnelle à l'intensité de la lumière incidente. Ainsi avec l'alumine (rubis) le rapport des intensités lumineuses est de 16,1 ; avec le verre d'urane, il est de 16,9. Quant à l'intensité absolue de la lumière émise par diverses substances, on trouve qu'elle est lors du maximum d'action, c'est-à-dire au maximum de vitesse du phosphoroscope, de 138,75 pour le double phosphate d'urane et de chaux, étant 100 pour l'azotate d'urane, tandis qu'elle n'est que de 6 pour le sulfure de strontium, de 4,261 pour le sulfure de calcium, de 2,817 pour le sulfure de barium, de 0,184 pour le verre (crown), etc.

Un corps qui vient d'être exposé à l'influence de la lumière, s'il se trouve subitement placé dans l'obscurité, émet de la lumière pendant un temps plus ou moins long, suivant sa nature et son état physique ; son extinction peut avoir lieu après une fraction de seconde, comme on l'observe avec la plupart des corps placés dans le phosphoroscope, ou bien après plusieurs heures comme le

montrent les sulfures alcalino-terreux. Il est intéressant de savoir si la loi de l'extinction est la même pour tous les corps ou si elle ne varie pas avec l'intensité de la lumière active. Quand il s'agit de la vitesse de déperdition de la lumière émise par un corps phosphorescent dont l'émission est de courte durée, la loi de l'extinction lumineuse des corps est analogue à celle qui représente leur refroidissement quand ils sont réchauffés ; mais il n'en est plus de même quand les matières impressionnables présentent une persistance dans l'impression lumineuse pouvant durer plus d'une seconde ; et cela tient très-vraisemblablement à l'émission simultanée de rayons d'inégale durée.

Nous n'avons jusqu'ici à peu près rien dit sur la nature de la lumière qu'émettent les corps phosphorescents, ni sur l'influence qu'exerce dans la production de la phosphorescence le degré plus ou moins grand de réfrangibilité des rayons lumineux actifs. Ces deux points, qui sont traités avec détails dans l'ouvrage de M. E. Becquerel, méritent que nous nous y arrêtions quelques instants. Nous commencerons par nous occuper du second.

On peut s'assurer d'abord, en promenant un fragment d'un corps très-phosphorescent dans l'étendue d'un spectre très-concentré, qu'il n'y a aucun rapport entre la couleur des rayons actifs et celle de la lumière émise par le corps phosphorescent. On voit de plus que le fragment s'illumine dans les rayons les plus réfrangibles qui sont les plus actifs, et que là il y brille de sa couleur propre. Pour faire avec soin ce genre d'observations, il faut enduire une surface blanche d'une poudre phosphorescente et l'exposer pendant quelques instants à l'action du spectre. On observe après cette action que certaines par-

ties sont devenues lumineuses avec la nuance qui est propre à la substance phosphorescente ; les portions du spectre qui produisent cet effet varient un peu avec les substances, mais ne dépassent guère la raie F du bleu en remontant vers le rouge. On observe encore que, si avant d'exposer la surface susceptible de phosphorescence à l'action du spectre, on la rend phosphorescente par l'action de la lumière diffuse ou solaire, elle est restée lumineuse partout où elle l'était précédemment, sauf à l'endroit où elle a été frappée par les rayons les moins réfrangibles du spectre, mais que là elle est devenue complétement obscure. Par contre elle est devenue plus lumineuse dans celles de ses parties qui ont reçu les rayons les plus réfrangibles. Ainsi donc il y aurait dans la lumière blanche, non-seulement des rayons actifs et des rayons inactifs, mais ces derniers ne seraient pas seulement inactifs, ils auraient la propriété de détruire l'effet de phosphorescence produit par les autres. Il faut seulement prolonger l'action du spectre pendant plusieurs secondes pour que la partie de la surface phosphorescente frappée par les rayons les moins réfrangibles devienne obscure.

Indépendamment des deux genres d'effets que nous venons d'indiquer, il en est un troisième d'une nature toute spéciale, c'est celui désigné par M. Stokes sous le nom de fluorescence, et que M. E. Becquerel regarde comme n'étant qu'un cas particulier de phosphorescence. Il avait déjà observé que lorsque le spectre solaire frappe une substance telle que le sulfure de calcium phosphorescent, le papier sur lequel est déposé cette substance paraît lumineux, non-seulement de A en H, mais encore jusqu'en P, c'est-à-dire dans la partie obscure qui est au

delà du violet. M. Stokes, de son côté, avait observé cet effet avec des substances qui ne sont pas naturellement phosphorescentes, telles que le bisulfate de quinine, le verre d'urane, une dissolution alcoolique de chlorophylle. Pour bien étudier ce phénomène, il suffit de promener le long d'un spectre solaire suffisamment pur, pour qu'on puisse voir les différentes raies noires, un tube cylindrique plein d'une dissolution de sulfate acide de quinine ou bien d'une dissolution alcoolique de chlorophylle. Si l'on part du rouge extrême en marchant vers le violet, tant qu'on n'est pas arrivé tout près de l'extrémité la plus réfrangible du spectre, la lumière passe sans modification à travers le tube. Mais un peu avant d'atteindre l'extrême violet, on voit apparaître une lumière bleue avec le sulfate de quinine, et rouge avec la dissolution de chlorophylle. Cette lumière continue à briller quand le tube a dépassé les rayons violets et qu'il se trouve dans les rayons invisibles ultra-violets du spectre. Un grand nombre de substances, surtout organiques, peuvent aussi émettre une lumière d'une autre nature que celle des rayons du spectre qui les frappent. M. Stokes a observé que ces rayons ont toujours une longueur d'onde plus grande que celle des rayons qui les produisent, en d'autres termes que la lumière émise par le corps est toujours moins réfrangible que la lumière incidente.

M. Stokes avait attribué ces effets à une propriété nouvelle de la lumière qu'il avait nommée fluorescence, et qui consisterait en un changement dans la vitesse de vibration, et par conséquent dans la longueur d'ondulation, des rayons lumineux très-réfrangibles après qu'ils ont frappé la surface de certains corps.

M. E. Becquerel estime que ce sont seulement des

phénomènes de phosphorescence qui ne durent qu'un temps très-court, et analogues à ceux qu'il a observés avec le phosphoroscope. En effet, la plupart des corps qui, placés dans la partie ultra-violette du spectre, donnent naissance à la fluorescence, présentent une émission de lumière semblable dans le phosphoroscope quand on les voit après qu'ils ont reçu l'action de la lumière. Il n'y a que les dissolutions organiques qui ne paraissent pas visibles. Cela tiendrait-il à ce que dans les liquides la durée de la persistance des impressions lumineuses est bien plus petite que dans les solides. C'est possible; cependant c'est un point à éclaircir et quoiqu'il soit probable que le phénomène de la fluorescence puisse rentrer dans celui de la phosphorescence, la chose ne nous paraît pas encore complétement démontrée.

Une manière commode de répéter les expériences de phosphorescence que nous venons de décrire, consiste à faire passer les rayons solaires qui doivent produire le phénomène, à travers des écrans en verre colorés en bleu foncé par le cobalt, ou de teinte violette. Ces écrans laissent passer les rayons les plus réfrangibles qui sont les plus actifs, et comme ils arrêtent en même temps les rayons colorés les plus intenses, on peut percevoir les phénomènes lumineux qui se manifestent pendant l'action du rayonnement. Du reste, indépendamment de la lumière du soleil, bien des lumières artificielles peuvent produire les mêmes phénomènes. Sous ce rapport la lumière électrique est une des plus énergiques. En faisant passer à travers des tubes vides d'air remplis d'une matière phosphorescente, les décharges d'une machine électrique, et encore mieux celles d'un appareil d'induction, on obtient des effets de phosphorescence très-remarquables, dont

plusieurs persistent encore un certain temps après que les décharges ont cessé de passer.

Ce mode d'expérimentation est, comme l'emploi des rayons violets obtenus avec les écrans, éminemment propre à montrer l'action exercée par la lumière sur les corps dans lesquels la durée de la persistance de l'impression lumineuse ne subsiste que pendant un temps très-court, tels que le bisulfate de quinine, le verre d'urane, etc. Je transcris ici la liste des substances dont les effets lumineux sont les plus tranchés pour les expériences dont il s'agit, telle que la donne M. Becquerel.

Corps liquides à courte persistance.

Dissolution acide de sulfate de quinine.
Dissolution aqueuse d'esculine (écorce de marron).
Dissolution alcoolique de chlorophylle.

Les deux premières émettent une lumière bleue; la dernière une lumière rouge.

Corps solides à courte persistance.

Verre d'urane.
Azotate d'urane.
Platino-cyanure de potassium.
Papier enduit de bisulfate de quinine.

Les deux premiers émettent une lumière verte; les deux suivants une lumière bleue.

Corps solides à longue persistance.

Sulfure de barium. — Lumière orangée.
Sulfure de strontium. — Lumière verte.
Sulfure de calcium. — Lumière vert bleuâtre.

Il nous reste à nous occuper de la nature de la lumière émise par les corps, dont la phosphorescence a une durée plus ou moins longue. Pour cette étude, M. E. Becquerel a fait usage de son phosphoroscope disposé de façon à pouvoir être éclairé seulement par des rayons d'une réfrangibilité déterminée, rayons qu'on obtient soit au moyen du passage de la lumière à travers un prisme, soit en transmettant un rayon solaire à travers un écran; ainsi un écran obtenu au moyen d'une dissolution de sulfate de cuivre ammoniacal ne laisse passer que la partie la plus réfrangible de la lumière. Parmi les substances soumises à l'expérience, nous ne citerons que celles qui présentent les résultats les plus remarquables. A la tête se trouve l'alumine et tous ses composés; l'alumine précipitée d'un sel d'aluminium, puis desséchée dans le vide pneumatique et par conséquent hydratée, donne une lumière verdâtre quelquefois assez faible; mais si elle a été calcinée pendant longtemps à une température élevée, elle devient anhydre et elle émet alors au phosphoroscope une lumière rouge foncée très-belle et très-pure. Si l'alumine est fondue ou qu'elle soit cristallisée, les effets ne changent pas, mais sont plus faciles à observer, la matière étant transparente. Les pierres précieuses naturelles, aussi bien que les artificielles, telles que les coryndons blancs, les saphirs, les rubis, qui ont pour base l'alumine, sont toutes lumineuses avec une belle nuance rouge; ce qu'il y a de curieux, c'est que ces substances et par conséquent l'alumine sont impressionnées par toute la partie visible du spectre à partir du rouge extrême jusqu'au delà du violet, en donnant lieu à des rayons qui sont toujours sensiblement de la même nuance; mais le maximum d'intensité a lieu au commen-

cement du vert, là où se trouve le maximum de lumière du spectre. La composition de la lumière émise par l'alumine montre que le rouge y domine de beaucoup, et on y remarque les raies noires jusque dans les parties les moins lumineuses. Cette composition est exactement la même, quelle que soit la partie du spectre qui ait agi sur la substance, même quand c'est la partie ultra-violette. Elle diffère seulement légèrement quant à la distribution des parties obscures et claires, d'une des classes de composés d'alumine à une autre ; ainsi, il y a quelques légères différences entre l'alumine proprement dite, le silicate d'alumine, l'aluminate de magnésie et la topaze.

Le carbone à l'état de diamant présente aussi un effet remarquable qui tient évidemment à la constitution moléculaire de ce corps, puisque le charbon ordinaire ne jouit pas des mêmes propriétés. La plupart des diamants naturels ou taillés, transportés dans une chambre obscure après avoir été exposés à l'action des rayons solaires, paraissent phosphorescents en émettant une lumière jaune plus ou moins vive, quoiqu'en général faible, mais assez persistante puisqu'elle peut durer plus d'une heure. Les diamants cependant diffèrent beaucoup entre eux quant à leur degré de phosphorescence. Ainsi placés dans le phosphoroscope et éclairés par les rayons solaires, ils deviennent presque tous lumineux avec une teinte jaune légèrement orangée ; mais ceux qui ne sont pas très-phosphorescents conservent cette teinte jaune quelle que soit la vitesse du phosphoroscope, et même lorsque cette vitesse est telle que le temps qui sépare le moment où l'on voit le corps du moment où il est frappé par la lumière blanche, n'est que de un demi-millième de seconde. Il n'en est pas de même de ceux qui sont très-phos-

phorescents ; ceux-ci ne sont jaune-orangés que par une faible vitesse du phosphoroscope ; la lumière change avec la vitesse de rotation de façon à passer à une teinte bleue claire, en présentant des nuances violacées intermédiaires. Sans nous arrêter aux détails, remarquons que le diamant présente deux effets lumineux bien tranchés ; d'abord une lumière jaune-orangée plus ou moins vive, que l'on observe avec tous les échantillons essayés et qui semble tenir à la constitution moléculaire du corps ; en second lieu une lumière bleue dont l'intensité peut être très-vive, dont la persistance est variable, et qui est en général d'une durée ne dépassant pas $^1/_3$ ou $^1/_4$ de seconde. Ce second effet est loin de se manifester avec tous les diamants, ce qui n'est pas le cas pour la lumière jaune : aussi on peut croire qu'il dépend d'un état physique particulier qui n'est pas essentiel à la constitution du corps. L'analyse spectrale montre que ces effets lumineux ne résultent pas d'une émission de rayons simples, mais que les teintes jaunes et bleues sont des teintes composées par la réunion de rayons différemment réfrangibles. On reconnaît encore, au moyen de l'analyse de la lumière émise, que lorsque la lumière bleue se produit, l'intensité lumineuse totale ne fait qu'augmenter et que la lumière jaune primitive existe toujours. Ces résultats montrent donc que des vibrations de vitesse différente n'ayant pas la même persistance peuvent exister simultanément dans le même corps sans se nuire. Enfin, remarquons qu'en éclairant divers diamants au phosphoroscope par les rayons différemment réfrangibles du spectre, les limites des rayons actifs sont différentes pour chacun d'eux.

Les composés de calcium présentent des effets d'une intensité remarquable et la chaux semble donner à la plu-

part d'entre eux la faculté d'émettre de préférence des rayons jaunes et orangés. Parmi les résultats intéressants que présente leur étude, nous nous bornerons à signaler le fait exceptionnel présenté par l'arragonite qui donne de la lumière d'un bleu verdâtre sans trace de jaune et d'orangé: certains cristaux de spath d'Islande deviennent bleuâtres quand l'appareil s'arrête, mais après avoir émis de la lumière jaune-orangée; toutefois la plupart ne présentent que cette dernière teinte, tandis que l'arragonite présente exclusivement la teinte bleu-verdâtre.

Ainsi, tandis que l'alumine donne toujours la même couleur plus ou moins intense, la chaux même dans ceux de ses composés qui sont les mêmes, présente des nuances bien différentes. C'est une preuve que la propriété dont nous nous occupons ne tient pas uniquement à la nature chimique des corps, mais aussi à leur arrangement moléculaire. Il est possible, en particulier, que l'arragonite doive la différence qui existe entre elle et les autres échantillons de chaux carbonatée, à la température élevée qui a présidé, à ce qu'il paraît, à sa cristallisation.

La température peut, en effet, influer d'une manière permanente sur l'aptitude des corps à devenir phosphorescents et sur l'intensité de leur phosphorescence; tel est le cas avec les composés d'alumine; ainsi, quoique les corindons limpides et incolores soient à peine lumineux, il suffit de les avoir portés à une température très-élevée pour augmenter leur activité lumineuse; mais la composition de la lumière reste toujours la même, quelle que soit son intensité.

L'action temporaire de la chaleur est toute différente: elle tend à diminuer et même à anéantir l'intensité de la lumière émise par les corps en vertu de leur action

propre après l'influence du rayonnement; elle modifie également la composition de la lumière émise, et ce changement peut être tel qu'une substance comme le sulfure de strontium lumineux, de bleue qu'elle est à la température ordinaire, elle peut passer par toutes les nuances prismatiques comprises entre le violet et l'orangé, et cela entre les limites de température de 20° à 150°.

Nous ne reviendrons pas sur l'influence que nous avons eu souvent l'occasion de signaler de l'état physique du corps, solide ou liquide, sur sa propriété phosphorescente; nous nous bornerons à rappeler qu'il résulte des nombreuses observations de M. E. Becquerel, que l'état liquide semble contraire aux conditions physiques qu'exige la manifestation du phénomène, et que les différentes dispositions moléculaires que peut présenter l'état solide, exercent une grande influence sur cette manifestation.

IV.

L'étude que nous venons de faire de l'ouvrage de M. Becquerel, en particulier l'analyse détaillée que nous avons donnée des deux parties, à notre avis, les plus originales de cet ouvrage, nous ont amené naturellement à considérer dans sa généralité le rôle que joue la lumière dans les phénomènes de la nature. Sans entrer dans tous les développements que mériterait ce sujet, nous croyons cependant pouvoir résumer en peu de mots les idées que nous a suggérées l'examen que nous venons de faire.

La lumière, ne l'oublions pas, est un mouvement, savoir un mouvement ondulatoire qui a lieu dans un milieu très-subtil, très-élastique, répandu dans tout l'univers et occupant dans les corps tous les intervalles que laissent entre elles les particules pondérables. Une expérience impor-

tante de M. Fizeau a montré que cet éther intermoléculaire se compose de deux parties, une qui est libre, et l'autre qui est intimement unie aux particules pondérables et qui forme probablement autour de chacune d'elles une atmosphère plus ou moins étendue et plus ou moins dense. Cette atmosphère d'éther qui est inséparable de la particule fait un tout avec elle et contribue autant que son poids à lui imprimer son caractère spécifique. Le mouvement ondulatoire qui se propage dans l'éther libre a son origine dans celui qu'imprime la particule à l'atmosphère d'éther qui l'entoure, et qui varie en intensité et en longueur d'onde avec la nature de cette particule. Ce même mouvement ondulatoire qu'éprouve l'éther libre peut aussi à son tour se communiquer à l'atmosphère de la particule et pénétrer jusqu'à elle. Voilà, ce me semble, l'idée la plus exacte qu'on puisse se former de ce mouvement que nous appelons *lumière* quand il agit sur l'organe de la vue pour y opérer la vision, mais qui existe indépendamment de la sensation qu'il détermine. Sa nature, du reste, est parfaitement connue, et on sait que les ondulations qui le constituent ont des longueurs variables entre certaines limites, et que, parmi ces ondulations il en est qui n'agissent pas sur l'œil; ce sont les plus longues et les plus courtes; les plus longues produisent seulement de la chaleur et les plus courtes des effets chimiques.

Ceci dit, ces ondulations qui se propagent dans l'éther produisent, quand elles rencontrent un corps pondérable, des effets de divers genres, chaleur, phosphorescence, action chimique. Produisent-elles aussi des effets simplement moléculaires, c'est-à-dire déterminent-elles chez les corps de simples changements dans l'arrangement de leurs molécules, sans en modifier la nature. C'est pro-

bable ; mais c'est un point qui mériterait, comme je l'ai déjà dit, d'être encore étudié avec soin.

Revenant aux trois genres d'actions que nous venons d'indiquer, nous remarquerons d'abord que ce sont en général les ondulations les plus longues qui produisent la chaleur, quelle que soit la nature du corps qui se trouve sur leur route. Il n'en est pas de même des effets de phosphorescence et des effets chimiques, et quoiqu'en général les ondulations les plus courtes soient les plus actives dans la production de ces effets, cependant il y a de nombreuses exceptions, et suivant la nature du corps exposé à leur action, ce peut être tantôt des ondulations d'une certaine longueur, tantôt des ondulations d'une autre longueur, qui produisent le maximum d'effet. Il est même toute une classe de phénomènes chimiques, ceux de la végétation proprement dite pour lesquels les rayons les plus efficaces sont les rayons dont les ondulations sont d'une longueur moyenne et qui correspondent à la partie la plus lumineuse du spectre. Ce fait établit d'une manière remarquable l'analogie qui existe à cet égard entre les divers effets physiologiques, puisque ce sont les rayons les plus actifs dans l'acte de la vision, qui agissent aussi le plus fortement dans l'acte de la végétation.

On peut se demander maintenant en quoi consistent ces divers genres d'actions de la lumière ; ils ne peuvent être évidemment que le résultat d'une communication ou transformation de mouvement. De même qu'une ondulation sonore qui se propage dans l'air en arrivant sur un corps solide le fait vibrer, c'est-à-dire met ses molécules en mouvement, de même l'ondulation lumineuse, quand elle rencontre des molécules pondérables, communique à ces molécules ou à l'atmosphère d'éther qui les enveloppe,

tout ou partie de son mouvement qui se transforme en chaleur, en phosphorescence ou en action chimique, peut-être aussi en quelqu'autre mouvement moléculaire que nous ne pouvons percevoir, comme lorsqu'il y a absorption de lumière sans manifestation d'aucun effet sensible.

L'effet le plus général est, avons-nous dit, l'effet calorifique, car il est plus ou moins indépendant de la nature du corps, et ce sont les ondulations les plus longues qui produisent le maximum d'effet dans la plupart des cas. Or, comme la chaleur n'est que le résultat d'un mouvement particulier, imprimé aux particules du corps, il faut conclure que parmi toutes les ondulations que détermine dans l'éther une source lumineuse telle que le soleil, les plus longues sont celles qui, en rencontrant des particules pondérables, leur impriment de la manière la plus énergique le mouvement qui constitue la chaleur. Il est probable que ce mouvement leur est imprimé par l'intermédiaire de l'atmosphère d'éther qui les entoure et qui reçoit les ondulations venant du dehors, comme à son tour le mouvement des particules se transmet à cette même atmosphère, pour de là se propager dans l'éther ambiant et libre, sous forme de chaleur rayonnante. Lorsqu'il s'agit du mouvement qui détermine la phosphorescence, nous pouvons dire que les ondulations de l'éther, en rencontrant les particules pondérables de la surface d'un corps, leur donnent la propriété de provoquer dans l'éther ambiant des ondulations analogues, toujours probablement par l'intermédiaire de leur propre atmosphère d'éther ; seulement les ondulations engendrées sont toujours plus longues que les ondulations génératrices, ou tout au plus sont-elles de la même longueur, ce qui est

très-rare. Mais ce qui est caractéristique, c'est que la longueur d'ondulation nécessaire pour provoquer dans un corps des ondulations lumineuses varie avec la nature de ce corps. Il y a plus : il existe un grand nombre de cas dans lesquels, lorsque des ondulations d'une certaine longueur ont rendu un corps phosphorescent, des ondulations plus longues, en arrivant sur ce corps, détruisent l'effet des plus courtes. Ainsi donc le mouvement imprimé par les dernières, loin d'être semblable à celui imprimé par les premières, lui est contraire, mais comme ces deux mouvements se neutralisent, il faut qu'ils soient de même nature, et comme il ne peut y avoir destruction, mais seulement transformation de mouvement, il est probable que c'est de la chaleur qui résulte de ce conflit.

L'action chimique de la lumière qui se manifeste tantôt sous forme de combinaisons, tantôt sous celle de décompositions, très-distincte de celle de la chaleur, quoiqu'il y ait sous ce dernier rapport quelque analogie entre les deux genres d'actions, me paraît très-importante à étudier au point de vue de la théorie de l'affinité. Elle montre que dans l'explication de l'affinité il faut tenir compte de l'état et du mouvement de l'éther qui entoure les particules, mouvement et état qui peuvent être modifiés par un grand nombre de causes, non-seulement par la lumière, mais aussi par la chaleur, par l'électricité, qui ne sont elles-mêmes aussi que des mouvements particuliers de l'éther.

On peut se représenter en effet que, quand les particules[1] dissemblables sont très-rapprochées, leurs atmosphères d'éther étant douées de mouvements d'une nature

[1] J'emploie ici le mot *particule* dans le sens qu'on donne, en général, au mot *atome*, et je désigne par *molécule* le groupement de deux ou plusieurs particules.

très-différente, ces mouvements peuvent se combiner de manière à faciliter un rapprochement plus intime entre elles, et produire ainsi la combinaison chimique; tandis que ces mouvements étant identiques dans des particules semblables, leur rapprochement ne peut dépasser une certaine limite à cause de la répulsion qui résulte de l'action mutuelle de leurs atmosphères. Une fois que les deux particules dissemblables se sont combinées de manière à faire une molécule composée, celle-ci, au lieu d'exercer sur l'éther une double action, n'en exerce plus qu'une seule qui est la résultante des deux actions individuelles que les deux particules exerçaient chacune séparément avant la combinaison. C'est là ce qui établit la grande différence entre la simple attraction moléculaire et la combinaison chimique, différence qui se manifeste par le fait que dans le premier cas les particules gardent leur caractère particulier (couleurs, apparences, etc.), tandis que dans le second elles en revêtent un nouveau commun qui n'est ni celui de l'une, ni celui de l'autre. Du reste, la formation de cette résultante qui constitue l'acte de la combinaison chimique est nécessairement accompagnée d'une perturbation momentanée dans l'état de l'éther, perturbation qui se manifeste sous forme de chaleur, de lumière et d'électricité; mais une fois formée, la molécule composée agit sur l'éther exactement de la même manière que la particule simple, seulement avec plus ou moins d'énergie, et en y excitant des ondulations plus ou moins longues que celles auxquelles donnaient naissance les particules élémentaires avant l'acte de la combinaison.

On comprend, par contre, que tout mouvement de l'éther libre qui, sous forme de lumière, de chaleur ou d'action chimique, viendra atteindre une molécule composée,

pourra apporter à son tour une perturbation dans l'action que cette molécule exerçait sur l'éther, et en reconstituant les molécules élémentaires avec leurs atmosphères d'éther, amener leur séparation les unes des autres, c'est-à-dire la décomposition chimique de la molécule composée.

Cette manière d'envisager l'action chimique, en y faisant intervenir l'action de l'éther, me paraît plus satisfaisante que celle qui n'y voit qu'un effet de l'attraction moléculaire. Que cette attraction y joue un rôle, c'est évident; mais à elle seule elle ne peut expliquer la grande différence que présentent ses effets, suivant qu'elle s'exerce entre particules semblables ou entre particules dissemblables.

En résumé, les phénomènes physiques et chimiques dépendent, non-seulement des mouvements des particules pondérables, mais surtout et encore plus des mouvements de l'éther qui les entoure, et qui sont eux-mêmes intimement liés avec la nature de ces particules, tout en pouvant être modifiés par ceux de ces mouvements qui constituent la lumière, la chaleur et l'électricité ; ils peuvent même l'être par le simple rapprochement de molécules hétérogènes, rapprochement qui, en altérant l'état de leurs atmosphères respectives d'éther, produit et l'action chimique et l'électricité dite de contact qui la précède immédiatement. Quant à ces manifestations des mouvements de l'éther, soit isolés comme dans la lumière et la chaleur rayonnante, soit combinés avec ceux de la matière pondérable, comme dans la chaleur intérieure des corps, dans l'électricité, et dans les actions chimiques, ce serait une grande erreur que d'essayer, ainsi qu'on ne l'a fait que trop souvent, de les subordonner les uns aux autres comme causes ou effets ; on est bien plus dans le vrai en les considérant comme dépendant également d'une cause géné-

rale commune à toutes, ce qui établit entre elles un lien nécessaire tout en leur laissant leur caractère spécial.

La conclusion qui découle naturellement de ce qui précède, c'est que, pour pénétrer plus intimement dans la connaissance des phénomènes chimiques et physiques, il faut étudier expérimentalement, plus complétement encore qu'on ne l'a fait, le rôle que jouent les mouvements de l'éther dans les phénomènes que présente la matière pondérable. Mais comme c'est surtout dans la lumière que nous pouvons saisir les mouvements de l'éther dans leur forme la plus simple et la mieux connue, c'est dans l'étude de l'action chimique de la lumière, dans celle de l'influence qu'exerce sur sa réfraction, sa dispersion et sa polarisation rotatoire, soit naturelle, soit magnétique, la nature des substances placées sur sa route, qu'on pourra arriver à déterminer mieux que par tout autre moyen, les rapports qui existent entre l'éther et la matière pondérable. Une fois ces rapports établis, il deviendra plus facile de se rendre compte des phénomènes fondamentaux de la physique et de la chimie dont les causes, quoique nous puissions les entrevoir, ne nous apparaissent encore, il faut le reconnaître, que d'une manière bien confuse [1].

A. DE LA RIVE.

[1] A peine l'impression de cet article était-elle achevée que je recevais de M. Tyndall une notice du plus grand intérêt relative à l'action chimique de la lumière sur quelques substances gazeuses composées ; c'est déjà une réponse anticipée au vœu que j'exprime en terminant. On trouvera cette notice plus loin, p. 317. A. D. L. R.

L'ESPAGNE SCIENTIFIQUE

PAR

Ed. MAILLY

Docteur ès sciences, etc.

ANUARIO DEL REAL OBSERVATORIO DE MADRID, anno VIII, 1868. — OBSERVACIONES METEOROLOGICAS, etc., 2 vol. Madrid, 1867.

J'ai eu déjà l'occasion de parler à plusieurs reprises, dans la partie scientifique de la *Bibliothèque universelle*, de notices fort instructives et intéressantes, insérées par M. Mailly, le plus ancien des astronomes-adjoints de l'observatoire de Bruxelles, dans l'*Annuaire* de cet observatoire, que publie depuis 35 ans son directeur, M. Adolphe Quetelet. M. Mailly y a passé successivement en revue les établissements scientifiques et les observatoires du Midi de l'Italie, des Etats-Unis d'Amérique, de la Grande-Bretagne et de l'Irlande. C'est dans l'*Annuaire* de cette année qu'a paru son mémoire relatif à l'Espagne; il y occupe 110 pages de format in-18, et l'auteur ne l'a rédigé qu'après avoir visité ce pays en 1865. Sa Notice offre d'autant plus d'intérêt, que les travaux scientifiques espagnols sont, en général, peu connus dans le reste de l'Europe, et ne sont souvent pas suffisamment appréciés. Je vais en faire une légère analyse, en y joignant, d'après diverses publications espagnoles que nous avons reçues récemment, quelques détails de plus, soit sur l'observa-

toire de Madrid, soit sur les observations météorologiques qui se font actuellement en un grand nombre de stations de ce royaume.

M. Mailly a d'abord esquissé rapidement l'histoire des sciences en Espagne à l'époque des Arabes, puis à celles d'Alphonse X, d'Isabelle la catholique et du seizième siècle. L'époque d'Alphonse, au treizième siècle, a été remarquable par le zèle de ce roi de Castille pour l'astronomie. Il conçut l'idée et dirigea l'exécution des *Tables* qui portent son nom. Son *Code du savoir astronomique* a été publié de 1863 à 1866, en 4 volumes in-folio, par Don Manuel Rico y Sinobas, par ordre de la reine Isabelle II, comme un monument à la mémoire d'Alphonse et de l'antique académie de Tolède. Dans le seizième siècle, l'empereur Charles-Quint protégea les sciences en Espagne. L'université de Salamanque fut la première dans laquelle on adopta l'ouvrage de Copernic comme texte pour les leçons publiques, et elle fut consultée par le pape Grégoire XVI, lors de sa réforme du calendrier.

Notre auteur parle ensuite des travaux du père Zaragoza au dix-septième siècle, de ceux des officiers de marine Don Jorge Juan et Don Antonio de Ulloa, qui se joignirent, en 1735, aux académiciens français pour la mesure d'un arc de méridien terrestre sous l'équateur. Ce fut par l'entremise du premier de ces savants, et par les soins de Godin, qu'un observatoire fut construit à Cadix en 1753. Varela et Tofino y ont fait des observations, dont il y a eu deux volumes in-4° publiés en 1776 et 1777. Le ministre Salazar fit bâtir, en 1797, à San Fernando, près de Cadix, un autre observatoire monumental, destiné spécialement à la marine, et dont le directeur de-

vait publier un Almanach nautique. C'est Don Sanchez Cerquero qui, depuis sa nomination en 1825, y a déployé le plus d'activité. Une lunette méridienne de 10 pieds de longueur focale et un cercle-mural de 6 pieds de diamètre, de l'artiste anglais Jones, y ont été établis en 1833 et 1835. Des observations ont été publiées peu après, et l'Almanach nautique a été perfectionné. Montojo a succédé à Cerquero, en 1850, et a organisé à l'observatoire de San Fernando un système d'observations météorologiques. Don Francisco Marquez, qui dirige cet établissement depuis 1855, a publié, entre autres, divers travaux de révision des tables employées dans le calcul de l'Almanach nautique. Un cercle-méridien et un grand équatorial ont été commandés en Angleterre pour cet observatoire.

Don Jorge Juan avait aussi suggéré au roi Charles III l'idée d'établir un observatoire à Madrid, mais ce ne fut que sous Charles IV que l'architecte Villanueva en termina le plan, et fit choix d'un emplacement dans le jardin royal du Buen Retiro. On mit la main à l'œuvre en 1790, mais les travaux se poursuivirent lentement. Un télescope à réflexion d'Herschel, de 25 pieds de longueur focale et de 2 pieds de diamètre, commandé par Mendoza y Rios, arriva à Madrid en 1802, et fut placé, sous un dome tournant, dans le voisinage de l'observatoire; mais il fut détruit, quelques années plus tard, par les troupes françaises, ainsi que d'autres instruments. Il y a eu dès lors, après la rentrée des Bourbons en Espagne, divers essais en faveur de l'observatoire de Madrid : mais ce n'est qu'en 1846, sur le rapport du directeur de l'instruction publique Don Antonio de Zarate, que le ministre Pidal a pris

des mesures efficaces pour restaurer et achever cet établissement. L'architecte Colomer a terminé l'édifice, dont la première pierre avait été posée plus d'un demi-siècle auparavant. Il est de style grec et a un aspect fort élégant, d'après la représentation en miniature qui en est donnée sur la couverture de l'*Annuaire*. Il a coûté en tout près de 610,000 francs, d'après M. Mailly.

Le directeur actuel de l'observatoire de Madrid est Don Antonio Aguilar y Vela, qui était auparavant professeur de mathématiques à l'université de Santiago. Il est aussi, maintenant, professeur à celle de Madrid et secrétaire de l'Académie des sciences de cette ville. C'est en 1851 qu'il a été attaché comme astronome à l'observatoire, et il a actuellement sous sa direction, un premier astronome, deux adjoints et un aide. L'établissement est sous l'inspection d'un commissaire royal, auquel le directeur doit adresser de temps en temps des rapports analogues, pour le plan et les détails, à ceux de l'astronome royal de Greenwich. J'ai sous les yeux celui de M. Aguilar, en date du 31 janvier 1867, qui occupe 72 pages in-12 de l'Annuaire de cet observatoire pour 1868.

Les principaux instruments de l'observatoire de Madrid sont : 1° Un cercle-méridien de Repsold, muni de deux cercles verticaux d'un mètre de diamètre. La lunette a 15 centimètres, soit 5 $^1/_2$ pouces d'ouverture et environ 2 mètres de distance focale. Les lectures se font à l'aide de 4 microscopes micrométriques. L'éclairage des fils du réticule peut s'y effectuer soit dans un champ éclairé, soit dans un champ obscur. L'instrument est pourvu de tous les accessoires requis pour son usage et sa rectification, tels que niveau collimateur horizontal,

bain de mercure, appareil de retournement, etc. Il a été établi en août 1854. 2° Un équatorial de Merz, dont l'objectif a 27 centimètres, soit 10 pouces d'ouverture, et $5^{m},42$ de distance focale. Le cercle horaire y a 38 centimètres de diamètre et le cercle de déclinaison 58. La lunette est pourvue de 18 oculaires de forces diverses, et de plusieurs micromètres. Cet instrument est arrivé à Madrid en février 1858, et un nouvel édifice, muni d'un dome tournant, a été construit pour son usage.

L'observatoire possède, depuis 1854, une pendule de Dent, réglée sur le temps sidéral; et il a été successivement pourvu de divers instruments portatifs d'astronomie et de géodésie, ainsi que d'un assortiment complet d'appareils météorologiques.

Les observations régulières avec le cercle-méridien ont commencé en janvier 1855; elles ont été poursuivies dès lors, au nombre de trois à cinq mille par an, tant pour la détermination de l'ascension droite des astres que pour celle de leur déclinaison. On a commencé la réduction de ces observations, mais de fréquentes variations dans le personnel des employés de l'observatoire, et leur petit nombre actuel, joint à l'accumulation de leurs charges, ont nui à ce travail, ainsi qu'à un usage habituel du grand équatorial et à la publication des observations. M. Mailly dit avoir rapporté d'Espagne, en 1865, des planches qui doivent figurer dans le premier volume d'*Annales* de cet observatoire, et qui contiennent le plan du terrain et des édifices dont il se compose, ainsi que les dessins détaillés de ses principaux instruments.

Le gouvernement espagnol, sur la demande de l'académie des sciences de Madrid, a pris, en 1860, toutes les

mesures nécessaires pour faciliter aux astronomes du pays et de l'étranger l'observation de l'éclipse totale de soleil du 18 juillet de cette année-là, visible dans une zone étendue de la péninsule Ibérique. M. Aguilar a fait cette observation, avec le P. Secchi, au Desierto de las Palmas; M. le professeur Plantamour de Genève l'a faite à Castellon de la Plana, avec plusieurs astronomes allemands. MM. de Aranda et Novella et M. Le Verrier l'ont faite à Tarazona en Aragon, avec mon neveu M. Emile Gautier[1]. Une autre expédition relative à cette éclipse, dirigée par M. Marquez, a eu lieu au Cap d'Oropesa, et les résultats obtenus par les astronomes espagnols doivent être actuellement publiés.

M. Aguilar a été chargé, depuis 1857, de la direction de la partie astronomique des opérations ayant pour but la construction d'une grande carte topographique de l'Espagne. La différence de longitude entre les observatoires de Madrid et de San Fernando a été déterminée télégraphiquement en juin 1860, et la position géographique d'un grand nombre de points importants du pays a été obtenue successivement. En 1863, on a lié télégraphiquement l'observatoire de Madrid à celui de Paris, en prenant Biarritz pour station intermédiaire, et M. Le Verrier a publié dans les Annales de ce dernier observatoire les résultats de l'opération.

Un Annuaire astronomique et géographique de l'observatoire royal de Madrid, un peu analogue à ceux de Paris et de Bruxelles, a commencé à paraître en 1860,

[1] Voyez les Notices sur cette observation, publiées par MM. Plantamour et E. Gautier, en 1860, avec planches, dans les tomes VIII et IX des *Archives*.

par les soins de M. Aguilar et de ses adjoints. Celui pour l'année 1868 comprend, en 458 pages de format in-12, des éléments assez étendus sur notre système solaire, des tables de mesures et de monnaies, une description sommaire du globe terrestre, des notices géographiques sur l'Espagne, le rapport du directeur cité plus haut, et un mémoire de 143 pages sur les météores aqueux par Don Miguel Merino, premier astronome.

Un système d'observations météorologiques a été commencé à Madrid en 1854, sous la direction de Don Manuel Rico y Sinobas, et il a été poursuivi sous celle de M. Aguilar, à partir de 1859. Sur le rapport de la commission de statistique, un décret royal du 5 mars 1860 a établi, en divers points de l'Espagne, 22 stations d'observations de la température, de la pression atmosphérique, de l'état hygrométrique de l'air, de la direction et de la force du vent, de la pluie, de l'état du ciel, etc. Ces observations y ont été continuées dès lors, et j'ai annoncé plus haut la publication faite par M. Aguilar, en 1867, de deux volumes de format in-12, contenant ces observations et leurs résultats, pour l'année météorologique comprise entre les mois de décembre 1865 et de novembre 1866.

L'un de ces volumes renferme, en 175 pages, les observations faites à Madrid et les calculs qui y sont relatifs. Ces observations sont rapportées en détail, jour par jour, de 3 en 3 heures, à l'exception de celles de 3 heures du matin qui n'ont pas été faites. On y trouve les valeurs moyennes de chaque élément météorologique, calculées par jour, par décades, par mois et par année ; et de plus les valeurs *maxima* et *minima*, des observations occasion-

nelles de l'irradiation solaire et terrestre et de la température de l'intérieur de la terre à cinq profondeurs différentes, comprises entre six dixièmes de mètre et $3^m,7$; ainsi que des remarques spéciales pour chaque mois. Un résumé annuel très-étendu renferme aussi les moyennes horaires pour chaque saison, calculées d'après des formules d'interpolation, ainsi que les variations des divers éléments, leur corrélation entre eux et le calcul des moyennes mensuelles, d'après diverses combinaisons d'observations. On y voit encore tracées, en plusieurs feuilles, les courbes représentant la marche moyenne diurne des divers éléments météorologiques dans chaque saison et dans l'année. Les calculs ont été faits, soit par M. Merino, soit par deux astronomes auxiliaires, Don José Bonet et Don Edouard Pardo.

Le second de ces volumes contient, en 360 pages, des résumés des observations météorologiques faites dans la même année (Déc. 1865 — Nov. 1866) en 25 stations d'Espagne et de Portugal. On y trouve les moyennes de chaque décade de l'année pour le baromètre, le thermomètre et le psychromètre en chaque station, ainsi que pour les oscillations moyennes et extrêmes de ces éléments, pour leurs valeurs *maxima* et *minima,* pour l'état général de l'atmosphère, la quantité et le nombre des jours de pluie, la direction et la force approximative du vent. Les valeurs moyennes et extrêmes de ces divers éléments, dans chacune des quatre saisons et pour l'année entière, y sont données aussi, de même que les moyennes de mois, de saisons et d'année pour chaque station considérée à part, et la comparaison entre elles des variations mensuelles des divers éléments.

Je me bornerai à rapporter ici la partie du tableau final du volume relative aux températures et aux quantités d'eau tombée, dans l'année dont il s'agit, en chaque station; et j'y ajouterai, d'après un autre tableau, leurs latitudes et leurs altitudes. Plusieurs de ces dernières, n'étant encore qu'approximatives, sont suivies d'un point de doute. Les stations sont ordonnées suivant la région à laquelle elles appartiennent. Celles de Portugal sont Oporto et Coimbre. Il y en a deux en Espagne, la Corogne et Jaen, qui ne se trouvent pas dans le tableau, parce que les observations n'y ont pas été complètes. Il y aura probablement aussi des observations ultérieures à Tarifa, dans le détroit de Gibraltar, et dans une station des îles Canaries.

On remarque, dans un des tableaux de ce volume, que le nombre des jours de neige a été assez grand dans quelques stations. Il y en a eu un seul à Palma, chef-lieu des îles Baléares, deux à Villa Viçosa et à Grenade, trois à Bilbao et à Santiago, quatre à Madrid et à Ciudad-Réal, neuf à Salamanque, douze à Valladolid, dix-huit à Léon, trente-un à Soria et trente-cinq à Burgos. Les autres stations n'en ont point eu.

Les températures extrêmes les plus élevées ont été, cette année-là, de 46° centigrades à Badajoz, le 15 juillet, et de 45°,4 à Séville, le 16 août. Les plus basses ont été de —13° à Huesca, le 22 décembre 1865, et de —12° à Salamanque, le 23 décembre. Les extrêmes à Madrid ont été de —4°,6 le 23 décembre et de 38°,4 le 29 juillet. Le tableau suivant fait voir que ce sont les stations situées près des bords de la mer Méditerranée où la température moyenne annuelle est le plus élevée : tandis que

Burgos, Léon, Valladolid, Huesca, Soria, Salamanque, Santiago, Oviédo, et même Madrid, n'ont guère dépassé en fait de température annuelle, celle de quelques-unes de nos stations météorologiques du midi de la Suisse. On y voit aussi, qu'en Espagne comme en Suisse, les quantités de pluie sont très-différentes suivant les localités. Ainsi, tandis que dans l'année dont nous nous occupons, il n'est tombé que 293,3 millimètres d'eau à Salamanque; 324,6 à Murcie; 342,3 à Badajoz; 342,6 à Saragosse, etc., il en est tombé 1986 à Santiago: 1458,6 à Oporto et 1261 à Bilbao. Il n'y a eu à Alicante que 46 jours pluvieux dans l'année, tandis qu'il y en a eu 207 à Santiago.

M. Aguilar a fait précéder ce second volume, qui a paru quelques mois après l'autre, d'une introduction dans laquelle il décrit les stations, les instruments et la série de tableaux qui composent le volume, et donne la liste de tous les observateurs; ce sont, en général, des professeurs de mathématiques, de physique, de chimie ou d'histoire naturelle, soit dans les universités, soit dans divers instituts. La formation des tableaux est due aux seconds astronomes de l'observatoire, Don C. Aguilar et Don E. Jimenez. La direction suprême de ces observations dépend, maintenant, du ministère royal *del Fomento*.

Tableau des moyennes annuelles de la température et de l'eau tombée, observées en diverses stations de la Péninsule Ibérique, de décembre 1865 à novembre 1866.

Noms des stations.	Latitudes des stations en degrés et minutes.	Altitudes des stations en mètres.	Température moyenne annuelle en degrés centigrades.	Amplitude annuelle d'excursion de la température.	Eau de pluie et de neige en millimètres.	Nombre de jours pluvieux dans l'année.
Bilbao	43°15′	10m ?	15°.2	40°.8	1261mm	165 jours
Oviédo	43.23.	219	12,9	31,7	930	156 »
Santiago. . .	42.53.	270	12.7	32,1	1986	207 »
Oporto	41. 9.	85	15,7	32,8	1458,6	113 »
Coimbre. . .	40.14.	141	15,5	36,5	892,8	147 »
Salamanque	40.58.	780 ?	11,7	48.2	293,3	83 »
Valladolid. .	41.39.	730 ?	11,4	48,0	382,2	114 »
Léon	42.36.	850	10,5	45,0	543.9	75 »
Burgos. . . .	42.20.	859 ?	10,4	44,0	797,8	111 »
Soria	41.44.	1058 ?	11,6	42,7	867,0	98 »
Saragosse [1].	41.39.	184 ?		46,0	342,6	76 »
Huesca. . . .	42. 7.	450 ?	11,6	49,0	746,2	90 »
Balaguer . .	41.48.	230	14,7	40,2	582,7	37 »
Barcelone. .	41.22.	15	17,2	26,4	616,7	68 »
Palma [2] . . .	39.33.	6	18,4	33,4	381,8	68 »
Valence . . .	38.28.	18	17,3	36,5	357,6	52 »
Alicante . . .	38.21.	28	18,2	41,2	388,3	46 »
Murcie	37.59.	43	18,0	40,3	324.6	70 »
Albacète. . ,	39. 0.	700	13,4	43,0	425,3	67 »
Ciudad-Real	38.59.	650	14.9	48,2	376,3	76 »
Villaviciosa.	40.21.	685	14,8	41,7	603,2	67 »
Madrid	40.24.	655	13,1	43,0	503,3	100 »
Badajoz . . .	38.54.	155	16,6	51,0	342.3	68 »
Séville	37.23.	90	19,1	45,8	354,6	81 »
Grenade . . .	37.11.	686	15,1	40,7	552,9	76 »

[1] Les observations de la température en décembre 1865 ont manqué à Saragosse. On y a observé, cependant, un *minimum* annuel de —5°,7 le 25 décembre, lequel avec le *maximum* de 40°,3 observé le 12 juillet, a donné lieu à l'amplitude annuelle totale d'excursion thermométrique de 46°. Les températures moyennes du printemps, de l'été et de l'automne y ont été respectivement de 14°,5; 23°,6 et 16°,1.

[2] Ile de Majorque.

Après m'être un peu étendu sur le réseau météorologique espagnol actuel, je dois dire encore quelques mots sur le mémoire de M. Mailly, pour en donner un aperçu plus complet.

Le paragraphe XI de son mémoire est relatif aux astronomes espagnols du dix-huitième siècle. Outre ceux que j'ai déjà cités, il parle entre autres des Tables de Mendoza y Rios à l'usage de la marine, des calculs de Ferrer sur le passage de Vénus de 1769 et de ses déterminations de positions géographiques. Il mentionne encore la part que Don José Rodriguez et Don José Chaix ont prise aux opérations géodésiques exécutées sur le littoral de l'Espagne par Biot et Arago.

M. Mailly consacre trois paragraphes aux académies en Espagne, et il expose, entre autres, l'organisation de l'Académie royale des sciences, fondée à Madrid en 1847, et les services qu'elle a déjà rendus par ses travaux et ses propositions au gouvernement. Il passe ensuite aux universités d'Espagne et traite ce sujet fort en détail dans 14 paragraphes. Je me bornerai à dire d'après lui, qu'à une époque déjà ancienne le nombre de ces universités s'élevait à près de 40. Il n'en restait que 23 au commencement du siècle actuel. La réforme générale de l'instruction publique qui a été effectuée en 1845, a donné lieu à l'organisation sur un grand pied de l'université de Madrid, et au maintien plus ou moins complet de neuf autres. Le nombre total des étudiants qui les ont fréquentées pendant l'année scolaire 1860 à 1861 a été de 8611. Sur ce nombre, Madrid en a compté 3689, Barcelone 1492, Séville 719, Santiago 618, Valladolid 559, Valence 469, Grenade 424, Saragosse 312, Salamanque 218 et Oviédo 111.

Les quatre derniers paragraphes du mémoire de M. Mailly sont relatifs à la statistique, qui a été organisée en Espagne par une suite d'arrêtés royaux publiés de 1856 à 1861. La *Junte générale de statistique* a été subdivisée en plusieurs sections. Celle de géographie s'est occupée de la direction d'opérations géodésiques, topographiques et cadastrales, ainsi que de travaux géologiques, hydrauliques et forestiers. Celle de statistique a dirigé des opérations de recensement. La Junte publie un *Annuaire* de statistique, subdivisé en parties morale, intellectuelle, industrielle et administrative, relatives à l'Espagne et à ses colonies.

On voit, par ce qui précède, que, depuis quelque temps, le gouvernement espagnol, à travers de nombreuses révolutions, a fait de louables efforts pour développer, au sein de cette noble nation, les diverses branches des sciences, ainsi que les institutions et les entreprises d'utilité générale qui s'y rattachent; et l'on doit savoir gré à M. Mailly de les avoir signalés. Il est fort à désirer que ces efforts se soutiennent, et que les établissements scientifiques et leurs directeurs continuent à jouir, d'une manière libérale et durable, de la protection et des encouragements dont ils ont besoin. La grande révolution politique dont l'Espagne vient encore d'être le théâtre, semble devoir être favorable aux progrès de ce genre : mais ce ne sera qu'à la longue, quand la tranquillité sera rétablie et consolidée, qu'on pourra en espérer de bien réels. Quoi qu'il en soit, il est juste de ne pas oublier ce qui a été déjà fait sous ce rapport; et ce souvenir peut servir de stimulant à de nouveaux pas, dans la carrière du développement de l'instruction et de la vie intellectuelle.

A. GAUTIER.

RECHERCHES PRÉALABLES

SUR LES

PRINCIPES IMMÉDIATS DU BAUME DU PÉROU

PAR

M. MARC DELAFONTAINE.

Le baume du Pérou a été l'objet de nombreuses recherches, dues surtout à MM. Richter, Plantamour, Frémy, Kopp et Scharling. Les travaux des chimistes que je viens de nommer sont loin de concorder entre eux, et leurs conclusions divergentes paraissent souvent assez difficiles à concilier.

Comme chacun le sait, le baume du Pérou se compose essentiellement de résine, d'acide cinnamique libre et d'un liquide oléagineux, appelé *cinnaméine.* Les proportions relatives de ces trois corps varient d'un échantillon à l'autre: de plus il arrive assez souvent que le baume soit falsifié avec une huile grasse, avec de l'huile de ricin, par exemple, et du baume sec de Tolu, ce qui est loin de faciliter les recherches.

La constitution de la cinnaméine fera l'objet de cette première notice.

Cinnaméine.

Le travail que j'offre sur ce corps a bien moins pour but d'enrichir la science de résultats nouveaux ou importants, que de chercher à tirer au clair une histoire confuse et embrouillée.

En effet, si tous les chimistes sont d'accord sur l'existence de la cinnaméine, il s'en faut de beaucoup qu'ils le soient sur sa composition ; je n'en veux pour preuves que les formules suivantes qui ont été proposées pour la représenter.

$C^{27} H^{26} O^4$ (Frémy)
$C^{32} H^{28} O^4$ (Plantamour)
$C^{36} H^{36} O^4$ (E. Kopp)
$C^{30} H^{30} O^4$ (Scharling)
$C^{32} H^{28} O^4$ (Id.)
$C^{28} H^{28} O^4$ (Mulder).

Le désaccord persiste en ce qui concerne les produits de dédoublement auxquels donne naissance la *cinnaméine* soumise à l'action de la potasse caustique. Ces produits sont, d'une part, de l'acide cinnamique et, de l'autre, un liquide bouillant à 180°, appelé *péruvine,* dont la composition est représentée par

$C^{18} H^{24} O^2$ (Plantamour, Frémy)
$C^{18} H^{20} O^2$ (E. Kopp)
$C^{12} H^{18} O^2$ (Scharling).

En outre, M. Plantamour a obtenu un second liquide, bouillant à 205°, qu'il a identifié avec le cinnamate d'éthyle. Dans une de ses préparations, M. Scharling a vu aussi se former un produit qui bouillait également à 205°.

D'après M. Kopp, la cinnaméine serait simplement du cinnamate cinnamique (styracine), et la péruvine de l'alcool cinnamique (styracone).

M. Kraut, qui paraît d'ailleurs n'avoir pas fait d'expériences sur ce sujet, a donné l'interprétation suivante des faits que je viens de relater. Ce chimiste attribue à la cinnaméine la formule $C^{32} H^{28} O^4$, et il considère cette

substance comme du cinnamate benzylique. Selon lui, la péruvine est un mélange d'alcool benzoïque et de *toluol*. L'éther éthyl-cinnamique de M. Plantamour serait de l'alcool benzoïque, inconnu en 1839. M. Cannizarro a montré, il y a une quinzaine d'années, que cet alcool soumis à l'action de la potasse alcoolique, se dédouble en acide benzoïque et en toluol que M. Plantamour aurait confondus avec l'acide cinnamique et l'alcool ordinaire. Enfin l'acide *carbobenzoïque* ou *myroxylique*, trouvé par M. Plantamour dans les eaux-mères de l'acide cinnamique ne serait autre chose que l'acide benzoïque amorphe de M. Kopp.

Les recherches auxquelles je me suis livré ces deux dernières années comfirment une partie des interprétations de M. Kraut, et elles m'ont donné la clef d'un bon nombre des divergences que je viens de signaler entre les chimistes qui ont consacré leur attention au baume du Pérou. Voici les résultats principaux auxquels je suis arrivé :

J'ai préparé la cinnaméine en agitant à froid le baume du Pérou avec la moindre quantité possible d'une solution aqueuse de potasse caustique, en ajoutant de l'eau au savon obtenu et en soutirant au moyen d'une pipette l'huile mise en liberté par cette opération. Cette huile lavée plusieurs fois avec de l'eau froide, puis desséchée, constituait la matière première de mes expériences.

Il ne me paraît pas que la cinnaméine puisse être considérée comme une espèce chimique distincte. C'est un mélange en proportions variables de cinnamates benzylique et cinnamique, le premier volatil et le second non distillable. Quand on la soumet à la distillation, elle bout vers 305°, mais se décompose d'une manière partielle

en laissant un résidu abondant résinoïde. Si la distillation est conduite avec rapidité, la quantité de cinnaméine décomposée n'est pas très-considérable; si au contraire l'opération marche avec lenteur, on voit souvent apparaître dans le col de la cornue un sublimé abondant formé d'aiguilles blanches solubles dans l'eau bouillante et l'alcool, décomposant les solutions de carbonates alcalins; ces aiguilles sont formées d'acide cinnamique; il se dégage en même temps des hydrocarbures gazeux, empyreumatiques, combustibles avec une flamme bleue, et le liquide distillé bout pour ainsi dire à toutes les températures comprises entre 200 et 310°.

Pour éviter autant qu'il dépendait de moi, toute réaction secondaire, j'ai saponifié la cinnaméine non distillée, au moyen de la plus petite quantité possible de potasse dissoute dans l'alcool; j'ai obtenu ainsi une masse butyreuse douée d'une odeur éthérée agréable. Cette masse a été traitée par l'eau qui a dissous l'alcool et le cinnamate potassique: un liquide oléagineux s'est séparé. Ce dernier enlevé avec une pipette, lavé une ou deux fois à l'eau, a été soumis à une distillation fractionnée.

Il a passé d'abord dans le récipient une minime proportion d'eau et d'alcool ordinaire. Le thermomètre a monté jusqu'à 205° environ et est resté stationnaire à ce point. Le liquide recueilli dans ce moment-là a offert les réactions d'un alcool, de l'alcool benzylique. Traité par l'acide cinnamique et un courant de gaz chlorhydrique, il a régénéré un éther composé bouillant à une température élevée. L'acide nitrique y a développé l'odeur d'amandes amères.

La température s'est élevée ensuite jusqu'à 222° et il a passé alors une quantité d'alcool cinnamique *liquide*

presque incolore représentant environ la moitié de celle de l'alcool benzylique obtenu.

Ces deux alcools constituent la majeure partie du liquide soumis à la distillation : je dois ajouter cependant que le thermomètre a continué à monter, très-lentement, et qu'il a eu un arrêt entre 250° et 260° ; je n'ai pas encore fait l'examen du corps jaune, peu odorant, recueilli à ce moment-là; enfin j'ai négligé le résidu résinoïde resté dans la cornue.

De ces faits-là découle bien la conclusion, que la cinnaméine que j'ai examinée est un mélange de deux éthers composés que la saponification dédouble, l'un en alcool benzylique et acide cinnamique, l'autre en acide et alcool cinnamiques.

Des échantillons de cinnaméine préparés par M. Plantamour, il y a trente ans, et conservés dans des flacons bien remplis et bouchés, m'ont donné des résultats semblables.

Toutefois, je dois dire que ceux qui portaient l'indication de cinnaméime redistillée ne fournissaient pas autant d'alcool cinnamique. Un flacon étiqueté *cinnaméine brute*, c'est-à-dire renfermant un produit qui n'avait pas subi les nombreux lavages à l'alcool auxquels M. Plantamour soumettait sa cinnaméine, s'était pris en une masse cristalline imprégnée d'une portion demeurée liquide, effet dû à la cristallisation de la styracine. Saponifié par la potasse dans l'alcool, il n'a pas fourni un liquide huileux comme les autres cinnaméines, mais une poudre blanche.

Je vais citer maintenant une expérience qui ajoutera quelques faits à ceux qui viennent d'être exposés. Dans une expérience j'ai attaqué de la cinnaméine par un *excès de potasse alcoolique;* une fois le savon produit, j'ai ajouté

une petite quantité d'eau pour rendre la matière un peu plus fluide et j'ai versé le tout dans une cornue. Cette cornue a été chauffée au bain-marie pour expulser la plus grande partie de l'alcool ; le résidu repris par l'eau, a fourni, comme dans les autres cas, une dissolution de cinnamate alcalin et une huile insoluble dans l'eau. La distillation fractionnée de ce dernier m'a donné, en premier lieu, douze grammes environ d'un liquide incolore très-réfringent, bouillant entre 110° et 115°, qui possédait toutes les propriétés du *toluol* $C^{14} H^{16}$, puis les alcools benzylique et cinnamique et le corps dont le point d'ébullition est à 255° environ.

La production de toluol dans ce cas, tandis qu'elle n'a pas eu lieu quand je ne chauffais pas la cinnaméine avec la solution alcoolique de potasse, me semble bien indiquer que cet hydrocarbure ne préexistait pas dans le baume ou la cinnaméine; mais qu'il faut le considérer comme résultat d'une réaction secondaire, savoir celle de la potasse à chaud sur l'alcool benzylique, réaction déjà signalée dans le temps par M. Cannizarro.

Voilà d'une manière succincte le résultat de mes recherches préliminaires sur le baume du Pérou. Il me reste à traiter quelques points de détail, ce sera l'objet d'un mémoire subséquent.

Genève, novembre 1868.

SUR UNE

NOUVELLE SÉRIE DE RÉACTIONS CHIMIQUES

PRODUITES PAR LA LUMIÈRE

PAR

M. J. TYNDALL [1].

Je demande à la Société royale la permission d'attirer l'attention des chimistes sur une forme d'expérience qui, quoique évidente, est, à ce qu'on me dit, inconnue et qui, je n'en doute pas, deviendra entre leurs mains une nouvelle puissance expérimentale. Elle consiste à faire subir aux vapeurs des liquides volatils, l'action de rayons concentrés provenant du soleil ou de la lumière électrique.

Action de la lumière électrique.

On dispose longitudinalement un tube de verre de $2^{\text{pieds}},8$ de longueur et de $2^{\text{pouces}},5$ de diamètre intérieur (tube que j'avais souvent employé dans mes recherches sur la chaleur rayonnante). A l'un des bouts on place la lampe électrique, dans une position et à une hauteur telle que l'axe du tube de verre coïncide avec celui du faisceau parallèle sortant de la lampe. Le tube est fermé tantôt par des plaques de sel gemme tantôt par des plaques de verre.

De même que dans de précédentes publications, j'appelle ce tube, pour abréger, le *tube expérimental.*

[1] Traduction d'une Note insérée dans les *Proceedings of the Royal Society*, 1868, n° 108.

Le tube expérimental a été réuni à une pompe à faire le vide, ainsi qu'à une série de tubes déstines à dessécher et à purifier l'air.

Un certain nombre de tubes éprouvettes, une cinquantaine, ont été converties en flacons de Woolf. Chacune d'elles était fermée avec un bouchon au travers duquel passaient deux tubes, dont l'un *(a)* se terminait immédiatement au-dessous du liége, tandis que l'autre *(b)* descendait au fond du flacon, son orifice inférieur était rétréci et n'avait que 0,03 pouce de diamètre. Le bouchon était soigneusement cimenté.

Le petit flacon ainsi fermé, était en partie rempli avec le liquide dont on avait à étudier la vapeur. On le plaçait ensuite êans le passage du courant d'air puritié.

Le tube expérimental étant vide d'air, on ouvre avec précaution le robinet qui permet d'introduire l'air purifié : l'air entre dans le flacon par le tube *b* et pénètre par le petit orifice au bas de *b* dans le liquide. Il s'échappe en bulles en se chargeant de vapeur, et le mélange d'air et de vapeur, passant du flacon par le tube *a* pénètre dans le tube expérimental où il est soumis à l'action de la lumière.

La faculté du rayon électrique de révéler l'existence de la moindre chose dans le tube expérimental ou les impuretés du tube lui-même, est extraordinaire. Quand l'expérience a lieu dans une chambre obscure, un tube qui, au grand jour, paraît tout à fait propre, semble extrêmement malpropre dès qu'on y fait pénétrer la lumière.

Voici quelques-uns des résultats que l'on a obtenus au moyen de cet arrangement.

Nitrite d'amyl (point d'ébullition 91 à 96° C.). — On

permit d'abord à la vapeur de ce liquide d'entrer dans le tube expérimental pendant que le rayon de la lampe électrique le traversait. De curieux nuages se formèrent vers l'entrée et furent ensuite emportés en tourbillons au travers du tube.

Le tube ayant été de nouveau vidé d'air, l'air mélangé et la vapeur y furent introduits dans l'obscurité. Le faisceau légèrement convergent de la lampe électrique fut alors dirigé au travers de toute la longueur du tube. Pendant un instant le tube fut *optiquement vide :* on ne voyait rien dans son intérieur; mais au bout d'une seconde, une pluie de sphérules se précipita sur le rayon, condensant ainsi un nuage dans le tube. Le nuage devint plus dense à mesure que la lumière continuait d'agir, présentant à quelques endroits de vives teintes irrisées.

Le faisceau de la lampe électrique fut amené à converger de manière à former dans le tube entre son extrémité et le foyer un cône de rayons de huit pouces de long. Le tube fut nettoyé et de nouveau rempli dans l'obscurité. Quant la lumière le traversa, la précipitation sur le faisceau fut si rapide et intense que le cône, un moment invisible, s'éclaira subitement comme un fer de lance lumineux.

L'effet fut le même lorsque l'air et la vapeur entrèrent dans le tube dans un jour diffus. Cependant, le nuage qui brillait avec un éclat si extraordinaire sous le rayon électrique, était invisible à la lumière ordinaire du laboratoire.

La proportion d'air et de vapeur mélangés dans le tube expérimental pouvait se régler à volonté. La rapidité de l'action diminuait avec l'atténuation de la vapeur. Quand, par exemple, la colonne de mercure communiquant au tube expérimental était déprimée de cinq pouces, l'action n'était

pas aussi rapide que lorsque le tube était plein. Dans ces cas cependant, il était très-intéressant de voir, après quelques secondes, un mince courant d'un nuage d'une teinte bleu-blanc délicate se formant le long de l'axe du tube et enfin se gonflant de manière à le remplir.

Lorsqu'on emploie de l'oxygène sec pour transporter la vapeur, l'effet est le même qu'avec l'air.

Quand l'hydrogène est employé comme véhicule, l'effet est encore le même.

L'effet n'est donc pas dû à une action de la vapeur du nitrite sur son véhicule.

Ceci a été amplement démontré par l'action produite sur la vapeur seule. Quand on l'introduit dans le tube sans la mélanger avec l'air ou avec un autre gaz, l'effet était en fait le même. Le siége de l'action observée est donc dans la vapeur elle-même.

Quant à l'air et au verre du tube expérimental, le rayon employé dans ces expériences était parfaitement froid. Il avait été *tamisé* en passant au travers d'une solution d'alun, et au travers de l'épaisse et double lentille de la lampe. Quand le rayon non tamisé était employé, l'effet était toujours le même : les rayons calorifiques obscurs ne paraissent donc pas intervenir dans le résultat.

Je ne me suis point assuré du caractère de cette action, mon but ayant été simplement d'indiquer aux chimistes une méthode expérimentale qui révèle de nouvelles et belles séries de réactions; c'est à eux à en déterminer la nature. La molécule du nitrite d'amyl est dissociée par certaines ondes spécifiques du rayon électrique, formant de l'oxyde nitrique et d'autres produits, entre autres du nitrate d'amyl. Les fumées brunes de l'acide nitreux se mêlaient au nuage dans le tube expérimental.

Le nitrate d'amyl étant moins volatil que le nitrite ne se maintenait pas à l'état de vapeur, mais était précipité en sphérules liquides le long de la trace du rayon.

Dans les parties antérieures du tube a lieu une action d'absorption élective par la vapeur, qui diminue l'action chimique dans les portions postérieures. Dans quelques expériences le nuage précipité ne s'étendait qu'à la moitié du tube. Dans ces circonstances, lorsque la lampe était disposée de manière à lancer un rayon à l'autre extrémité du tube, la précipitation y avait lieu aussi.

Action de la lumière solaire.

La lumière solaire cause la décomposition de la vapeur du nitrite d'amyl.

Le 10 octobre, je rendis partiellement obscure une petite salle de l'Institution royale, et j'y fis entrer la lumière du soleil au travers d'un trou percé dans le volet. Sur la trace du rayon, je plaçai une grande lentille plan-convexe qui faisait apparaître derrière elle un cône convergent dans la poussière de la chambre. Le tube expérimental avait été rempli dans le laboratoire, couvert d'un drap noir et porté dans la chambre partiellement obscurcie. En disposant l'un des bouts du tube dans le cône de rayons derrière la lentille, il se produisit une précipitation immédiate et abondante. La vapeur à l'extrémité éloignée du tube était en partie protégée par celle de devant et était aussi plus faiblement atteinte à cause de la divergence des rayons. En retournant le tube, un second cône semblable était précipité.

Considérations physiques.

J'ai essayé de déterminer la portion spéciale du faisceau

blanc qui produit les effets ci-dessus mentionnés. Lorsqu'avant de traverser le tube expérimental, le rayon passait au travers d'un verre rouge, l'effet était fort affaibli, mais non éteint. Tel a aussi été le cas avec divers échantillons de verre jaune. Un verre bleu introduit avant l'enlèvement du verre jaune ou du rouge, a augmenté la précipitation le long de la trace du rayon bleu lorsqu'on a enlevé l'autre verre. Les rayons les plus réfrangibles sont, en conséquence, dans ce cas, ceux dont l'action chimique est le plus énergique.

La couleur du nitrite d'amyl liquide indique qu'il doit en être ainsi. Il est faiblement, mais franchement jaune; en d'autres termes, la portion jaune du rayon est transmise librement. Or ce n'est pas la portion transmise du rayon qui produit l'action chimique, mais la portion absorbée. Le bleu, comme couleur complémentaire du jaune est absorbé : de là provient l'action plus énergique des rayons bleus. Le raisonnement, cependant, fait penser que les mêmes rayons sont absorbés par le liquide et par la vapeur.

Une solution de chromate jaune de potasse, dont la couleur peut être presque, sinon complétement semblable à celle du nitrite d'amyl liquide, est bien plus énergique pour arrêter les rayons chimiques que le verre jaune ou rouge ; mais de toutes les substances, le nitrite même est le plus puissant pour arrêter les rayons qui agissent sur sa propre vapeur. Une couche de $^1/_8$ de pouce d'épaisseur suffit pour absorber toute la force chimique du rayon concentré de la lumière électrique.

La relation étroite qui existe entre un liquide et sa vapeur, au point de vue de leur action sur la chaleur

rayonnante, a déjà été complétement démontrée[1]. Pour ce qui concerne le nitrite d'amyl, cette relation est plus caractéristique que dans les cas cités; car le constituant particulier du rayon qui détermine la décomposition de la vapeur est arrêté par le liquide.

Une question d'une importance extrême se présente ici : Quel est le mécanisme réel de cette absorption et où en est le siége[2] ?

Je me représente, ainsi que bien d'autres personnes, une molécule comme formée d'un groupe d'atomes retenus par leurs attractions réciproques, mais cependant susceptibles d'un mouvement relatif des uns par rapport aux autres. La vapeur de nitrite d'amyl est un assemblage de ces molécules. La question se pose ainsi. Dans l'acte de l'absorption est-ce que ce sont les molécules ou leurs atomes constituants qui produisent l'action ? Est-ce que la force vive des ondes interceptées est transférée à la molécule entière ou bien à ses parties constituantes ?

L'ensemble de la molécule ne peut vibrer qu'en vertu des forces qui s'exercent entre elle et les molécules voisines. L'intensité de ces forces, et par conséquent le nombre des vibrations, serait dans ce cas une fonction de la distance qui sépare les molécules.

Or l'absorption identique exercée par le nitrite d'amyl à l'état liquide ou de vapeur indique une période de vibration identique de la part du liquide et de celle de la vapeur, et ceci me paraît être une démonstration expérimentale de ce que l'absorption a lieu en fait dans l'intérieur de la molécule. En effet, on ne peut supposer que

[1] *Philos. Transact.*, 1864. — *Archives*, 1864, tome XX, p. 152.

[2] Mon attention a été attirée sur ce sujet il y a quelques années par une conversation avec mon ami M. le professeur Clausius.

si cette action résidait dans la molécule envisagée comme un tout, elle continuât à affecter les ondes de la même période après que la substance a passé de l'état gazeux à l'état liquide.

En fait, la décomposition du nitrite d'amyl est elle-même jusqu'à un certain point un exemple de cette absorption moléculaire interne; car si l'absorption était effectuée par la molécule envisagée comme un tout, les mouvements relatifs de ses atomes constituants ne seraient pas modifiés et il n'y aurait pas de cause mécanique pour leur séparation. C'est probablement le synchronisme des vibrations d'une portion de la molécule avec les ondes incidentes qui permet à l'amplitude de ces vibrations d'augmenter jusqu'à ce que le lien qui relie ensemble les parties de la molécule soit rompu.

Le nitrite d'amyl liquide est probablement aussi décomposé par la lumière; mais la réaction, si elle existe, est incomparablement moins rapide et moins évidente que sur la vapeur. Du nitrite d'amyl a été soumis aux rayons concentrés du soleil jusqu'à l'ébullition, et on a continué l'ébullition pendant longtemps, sans qu'il ait paru de changement dans le liquide.

Je présume que le fait qu'un liquide et sa vapeur absorbent les mêmes rayons est très-général, s'il n'est pas constant. Une couche de chlore liquide que je fais préparer maintenant, privera, je crois, beaucoup mieux la lumière de sa faculté de déterminer la combinaison du chlore et de l'hydrogène que toute autre substance interposée. Les rayons qui donnent au chlore sa couleur n'influent pas sur la combinaison; les rayons réellement actifs sont ceux qui sont absorbés par le chlore. Un ballon mince contenant du chlore et de l'hydrogène dans les proportions exacte-

ment nécessaires pour la formation de l'acide chlorhydrique a été placé à l'une des extrémités du tube expérimental, le rayon de la lampe électrique pénétrant par l'autre extrémité du tube. Le ballon n'a pas sauté quand le tube était plein de chlore, tandis qu'une explosion violente et immédiate s'est produite quand le tube était plein d'air. Je présume que le chlore liquide aurait une action semblable, mais bien plus énergique que celle qui a lieu lorsqu'on emploie le gaz.

Si tel est le cas, ce sera un argument en faveur de l'idée que le chlore lui-même est composé de *molécules* et non d'*atomes isolés*. J'espère pouvoir présenter prochainement d'autres cas du même genre à la Société royale.

Production du bleu céleste par la décomposition du nitrite d'amyl.

Lorsque la quantité de vapeur de nitrite est considérable et que la lumière est intense, l'action chimique est extrêmement rapide et les particules précipitées sont en masse assez considérable pour *blanchir* le rayon lumineux. Il n'en est pas de même quand la vapeur est introduite en petite proportion dans le tube expérimental. L'effet que nous allons décrire a été obtenu avec la plus grande perfection, lorsque la vapeur du nitrite provenait d'un résidu humide du liquide qui s'était accidentellement introduit dans le passage au travers duquel l'air sec pénètre dans le tube expérimental.

Dans ce cas, le rayon électrique traverse le tube pendant plusieurs secondes sans action visible. La décomposition commence visiblement alors et continue lentement. Les particules précipitées d'abord sont trop petites pour

être aperçues à la loupe ; et quand la lumière est très-forte, le nuage affecte une couleur bleue laiteuse. Au contraire, si l'on modère l'intensité de la lumière, le bleu devient pur et profond. Dans les importantes expériences de Brücke sur le bleu du ciel et sur le rouge du matin et du soir, on emploie du mastic pur et dissous dans l'alcool, puis versé dans l'eau et bien remué. Lorsque la proportion du mastic est convenable, la résine se précipite en particules si ténues qu'elles échappent aux plus forts grossissements du microscope. Avec la lumière réfléchie, ce milieu paraît bleu par suite de la transmission de la lumière jaune, couleur qui, lorsque la quantité du précipité augmente, peut passer à l'orangé ou au rouge.

Mais la même coloration dans la vapeur en petite proportion de nitrite d'amyl, quoiqu'admettant la même explication, est certainement plus semblable à ce qui a lieu dans notre atmosphère. Le bleu est plus pur et plus semblable au bleu du ciel que celui que l'on obtient par le milieu trouble de Brücke. Il ne saurait guère y avoir de preuve plus imposante de la manière newtonienne d'envisager la couleur du firmament que celle qui s'observe dans ce cas ; car jamais, même dans le ciel des Alpes, je n'ai vu un bleu plus riche et plus pur que celui qu'on obtient en disposant convenablement la lumière qui tombe sur la vapeur précipitée. Est-ce que la vapeur aqueuse de notre atmosphère agit de la même façon ? et ne pouvons-nous pas en conclure que c'est à des particules liquides de dimensions infiniment petites que l'on doit attribuer les teintes observées par M. le Principal Forbes au-dessus de la soupape de sûreté des machines à vapeur, et qu'il a comparées si ingénieusement avec les couleurs du ciel ?

En faisant le vide dans le tube contenant le mélange d'air et de vapeur de nitrite d'amyl, il est difficile d'éviter sous les pistons de la pompe pneumatique des explosions semblables à celles que j'ai décrites comme ayant lieu avec les vapeurs de bisulfure de carbone et d'autres substances. Quoique la quantité de vapeur dans ces cas fût minime, son explosion suffisait pour déteriorer les soupapes de la pompe.

Iodure d'Allyl (point d'ébullition 101° C.). — Parmi les liquides jusqu'ici soumis à la lumière électrique concentrée, l'iodure d'allyl au point de vue de la rapidité et de l'intensité de l'action, se rapproche le plus du nitrite d'amyl. Avec le iodure d'allyl, j'ai employé l'oxygène et l'hydrogène aussi bien que l'air comme véhicule, et j'ai trouvé que les effets étaient essentiellement les mêmes dans tous les cas. La colonne de fumée était extrêmement belle, mais ses formes étaient différentes de celles du nitrite d'amyl. Toute la colonne tournait autour de l'axe du rayon qui la décomposait, elle s'amincissait à certains endroits comme une clepsidre, autour des deux renflements de laquelle de délicats filaments de nuages se tordaient en spirales. Elle se contournait aussi en circonvolutions ressemblant à des coquilles. Dans certaines conditions de l'atmosphère dans les Alpes, j'ai souvent observé des nuages d'un lustre perlé particulier ; quand l'hydrogène était le véhicule de la vapeur de l'iodure d'allyl, un lustre pareil se montrait de la manière la plus exquise. Avec une disposition convenable de la lumière, la teinte pourpre de la vapeur d'iode brillait vivement dans le tube.

La remarque que nous avons déjà faite sur la relation

de la décomposition du nitrite d'amyl par la lumière avec la question de l'absorption moléculaire s'applique aussi ici ; car si l'absorption résultait de l'action de la molécule, envisagée comme un tout, l'iode ne se séparerait pas de l'allyl avec lequel il est combiné. Le non-synchronisme de l'iode avec les ondes de la chaleur obscure est démontré par sa merveilleuse perméabilité pour cette chaleur. Est-ce que son synchronisme avec les ondes lumineuses dont il s'agit ici ne peut pas être la cause de sa séparation d'avec l'allyl ? Je projette de nouvelles expériences sur ce point.

Iodure d'Isopropyl. — L'action de la lumière sur la vapeur de ce liquide est d'abord plus faible que sur l'iodure d'amyl, et même plusieurs réactions curieuses peuvent échapper à cause de cette lenteur dans le commencement. Après quelques minutes, cependant, les nuages commencent à se former et on les voit croître en densité et en beauté, tant que la lumière continue à agir. Dans toutes les expériences faites jusqu'ici avec cette substance, la colonne de nuages qui remplissait le tube expérimental était partagée en deux parties distinctes vers le milieu du tube. Dans une des expériences un globe de nuages s'est formé au centre, d'où, à droite et à gauche, partait un axe qui réunissait le globe avec les deux cylindres adjacents. Le globe et les cylindres étaient tous deux animés d'un mouvement de rotation commun. L'action continuant, il se manifestait des paroxysmes de mouvement ; les différentes parties du nuage se précipitaient au travers les unes des autres avec une violence subite. Pendant ces mouvements il se développait de magnifiques formes de nuages les plus bizarres. Dans quelques endroits la masse

nébuleuse se rayait sous forme de côtes, de manière à ressembler au grain du bois; un mouvement longitudinal développait parfois dans la masse une série de bandes courbes transversales, l'influence retardatrice des parois du tube provoquant une apparence semblable, sur une petite échelle, aux bandes de boues de la Mer de glace. Dans la portion antérieure du tube, ces commotions subites étaient très-intenses; des bourgeons de nuages germaient et croissaient en quelques secondes, atteignant la forme de fleurs parfaites. L'apparence la plus curieuse que j'aie vue est celle d'un nuage ressemblant à la tête d'un serpent; il croissait rapidement, la bouche se forma, puis de la bouche sortit rapidement une corde de nuage, ressemblant à une langue. Le nuage de l'iodure d'Isopropyl avait un caractère à lui et différait sensiblement de tous les autres que j'ai observés. Une belle couleur mauve se développait dans les derniers douze pouces du tube; il s'y trouvait de la vapeur d'iode et il se peut que ce soit le bleu de ciel, produit par les molécules précipitées, qui se mélangeant au pourpre de l'iode, produise cette splendide teinte mauve. Comme dans d'autres cas, ces effets sont dus à la lumière; ils ne se présentaient jamais dans l'obscurité.

Je me garderai d'en dire plus que les faits observés ne le permettent relativement aux effets chimiques produits par la lumière dans les trois substances suivantes; mais les apparences physiques sont si singulières que je n'hésite pas à les décrire.

Acide bromhydrique. — La solution aqueuse de cet acide fut placée dans un petit flacon de Woulfe et trans-

portée dans le tube expérimental par un courant d'air.

Le tube était rempli d'un mélange d'acide, de vapeur aqueuse et d'air ; le rayon fut lancé au travers, la lentille étant à ce moment disposée de manière à produire un cône de lumière intense. Pendant deux minutes on ne vit rien ; mais ensuite un faible nuage bleuâtre fit son apparition et parut se suspendre à la portion la plus concentrée du rayon.

Bientôt un second nuage se forma cinq pouces plus loin dans le tube expérimental. Les nuages étaient reliés par un mince cordon de la même teinte bleuâtre.

Tandis que l'action de la lumière continuait, le premier nuage se changea graduellement dans une série de disques parallèles d'une exquise délicatesse ; les disques tournaient autour d'un axe perpendiculaire à leurs surfaces, et enfin ils se confondirent pour produire une surface hélicoïdale avec une génératrice inclinée. Cette surface se changea graduellement en un entonnoir nuageux, de l'extrémité duquel le cordon s'étendait vers le nuage en avant. Cette apparence fut bientôt modifiée; elle se résolut en une série de strates ressemblant à celles de la décharge électrique. Quelque temps après, et par des changements qu'il était difficile de suivre, les deux nuages offrirent l'apparence d'une série d'entonnoirs concentriques placés les uns dans les autres, les entonnoirs intérieurs se voyant au travers des parois des entonnoirs extérieurs. Ceux du nuage éloigné ressemblaient à des verres à bordeaux. Il y avait jusqu'à six entonnoirs ainsi disposés les uns dans les autres, les deux séries étant reliées par le cordon délicat de nuage dont il a déjà été question. D'autres cordons et d'autres minces tubes se formèrent ensuite, et s'enroulèrent en spirales autour et aux environs des entonnoirs.

En donnant plus de lumière le long de la corde de communication, elle diminuait d'épaisseur et blanchissait. C'est une conséquence de l'augmentation de ses particules. La corde finit par disparaître tandis que les entonnoirs se fondaient en deux pellicules en forme de parasol. Ces pellicules étaient à peine visibles, elles étaient d'une teinte bleue très-délicate ; elles semblaient tissées avec de l'air bleu. Les comparer avec des fils d'araignée ou avec de la gaze serait les assimiler à quelque chose de beaucoup trop grossier.

Dans un second essai le résultat fut à peu près le même. Un nuage qui prit bientôt la forme d'une ombrelle se forma en avant, et cinq pouces plus loin il se développa un autre nuage, dans lequel les entonnoirs déjà mentionnés étaient très-effilés. Il était relié comme auparavant par un filament avec le nuage en avant, et se terminait en une pointe de lance qui s'étendait à douze pouces plus avant dans le tube.

Après bien des changements la pellicule en avant prit la forme d'une cloche à fa surface convexe de laquelle se relia un cylindre creux de deux pouces de long. Au bout de quelques instants ce cylindre se détacha de la cloche et se forma en un anneau irrisé qui, sans connexion apparente avec le reste, tournait sur son axe au milieu du tube. Le diamètre intérieur de cet anneau avait environ un pouce et son diamètre extérieur un pouce et demi.

Tout le nuage composé de ces parties hétérogènes était animé en entier d'un mouvement de rotation. La rapidité de la rotation s'augmentait lorsqu'on augmentait l'intensité du rayon. Les disques, les entonnoirs, les couches et les circonvolutions du nuage présentaient parfois des

couleurs de diffraction qui changeaient de nuance à chaque mouvement de l'œil de l'observateur.

L'humidité semble favorable à la production de ces phénomènes ; il fallait donc s'assurer jusqu'à quel point ils étaient vraiment produits par la lumière : l'acide bromhydrique, même en dissolution, fume au contact de la vapeur aqueuse de l'air ; sa dissolution dans l'eau paraît ne pas suffire pour satisfaire son affinité pour le liquide. On sait que l'on observe la même chose avec la dissolution d'acide chlorhydrique. Ces nuages de formes si extraordinaires ne se forment-ils pas par suite d'une action de même nature, la présence de la lumière n'étant qu'accidentelle ?

L'acide bromhydrique fut introduit dans le tube expérimental et y fut laissé cinq minutes exposé à la lumière diffuse du jour. Puis on rendit la chambre obscure et l'on fit arriver un rayon électrique : le tube était optiquement vide. Après deux minutes d'action de la lumière, les nuages apparurent et commencèrent à se transformer avec la même variété que nous l'avons décrit ci-dessus.

Il importe peu que l'acide bromhydrique reste longtemps dans le tube : l'action ne commence à se manifester que lorsqu'on fait jouer le rayon lumineux. Le tube rempli du mélange d'air, de vapeur aqueuse et d'acide bromhydrique fut placé pendant quinze minutes dans l'obscurité. En faisant passer le rayon au travers du tube, on le trouva optiquement vide ; mais l'action de la lumière pendant deux minutes fit naître les nuages comme avant.

Lorsqu'on fait passer le rayon au travers d'une couche d'eau avant d'entrer dans le tube expérimental, on n'observe aucune diminution dans l'énergie chimique. En le faisant passer au travers d'une dissolution d'acide bromhy-

drique de la même épaisseur, l'énergie chimique du rayon est entièrement détruite. Ceci prouve que les vibrations de l'acide dissous sont synchroniques avec celles de l'acide gazeux, et c'est une nouvelle confirmation de ce que ce sont les atômes constituants de la molécule, et non pas la molécule elle-même, qui sont le siége de l'absorption.

Acide chlorhydrique. — La solution aqueuse de cet acide a été employée et traitée comme la dissolution d'acide bromhydrique. Je me propose de demander à quelque artiste de chercher a reproduire les effets qui résultent de l'action de la lumière sur cette substance. Mais je crains que le talent de l'artiste même ne puisse en donner une représentation passable. Le nuage a cru lentement, il a fallu quinze à vingt minutes pour son entier développement. Il s'est subdivisé en quatre ou cinq sections, dont les deux adjacentes étaient reliées par une mince corde axiale. Chacune de ces sections avait une structure très-compliquée et très-ornée montrant des côtes, des fers de lance, des entonnoirs, des feuilles, des spirales et des fleurs de lys irrisées. Cependant la structure du nuage du commencement à la fin était parfaitement symétrique; il avait une forme de révolution, dont les points correspondants étaient à égale distance de l'axe du rayon. Il y a bien des points de ressemblance entre le nuage de l'acide chlorhydrique et celui de l'acide bromhydrique, et tous deux sont très-distincts de ceux que l'on obtient avec les substances mentionnées ci-dessus. En fait, tous les liquides semblent avoir leur nuage propre, ne s'écartant qu'entre des limites étroites du type normal. La formation du nuage dépend de ses propres forces inhérentes plutôt que des corps environnants. Il est vrai que, en chauffant

ou en refroidissant le tube expérimental à certains endroits, il se développe des courbures extraordinaires et des tourbillons; mais pour un état bien constant du tube, il se manifeste des différences spécifiques dans la structure du nuage et chaque substance semble imprimer son caractère sur la vapeur précipitée qui naît de sa décomposition.

Quand le rayon, avant d'entrer dans le tube expérimental, traverse une couche d'acide aqueux, treize minutes d'exposition à la lumière ne déterminent aucune action. Si l'on substitue une couche d'eau à la couche d'acide, une minute suffit pour déterminer la décomposition.

Acide iodhydrique. — La solution aqueuse de cet acide a été employée de la manière suivante. Lorsqu'on la soumit pour la première fois à l'action de la lumière, il n'y eut pas d'effet; mais les essais suivants en ont déterminé un très-extraordinaire. Il y a une ressemblance de famille entre les nuages des acides iodhydrique, bromhydrique et chlorhydrique. Dans les trois cas, l'action a commencé par la formation de deux petits nuages, reliés par un cordon; le phénomène était très-lent et la croissance du nuage en densité et en beauté très-graduelle. Le vert le plus vif et le cramoisi le plus brillant que j'aie encore vus, se montrèrent dans cette substance au commencement de l'action. Le développement du nuage ressemblait à celui d'un organisme, partant d'une masse informe pour arriver à une structure d'une complexité merveilleuse. Je n'ai rien vu d'aussi étonnant que l'effet produit, le 20 octobre, avec l'acide iodhydrique. Le nuage s'étendait sur dix-huit pouces le long du tube, jusqu'à son extrémité la plus éloignée. La partie abandonnée par le nuage lui-même était

remplie d'une brume amorphe, et la décomposition progressait plus loin et y paraissait complète. Un cône spectral tournait son sommet vers l'extrémité éloignée du tube, et de sa base circulaire tombait comme une frange membraneuse. Sur la base du cône se trouvait un vase d'une forme exquise, de l'intérieur duquel sortait un autre vase de même forme : au-dessus des bords de ces vases tombaient les nuages les plus légers. Du centre du vase supérieur un cordon droit de nuage passait à une faible distance le long de l'axe du tube, et à chaque bout de cette corde il se développait deux tourbillons compliqués et très-irrisés. La partie frontale du nuage, qui était pénétrée par la corde, prit successivement les formes de roses, de tulipes et de tournesols. Elle prit ensuite l'apparence d'une série de magnifiques flacons placés les uns dans les autres. Une fois elle prit la forme d'un poisson avec des yeux, des branchies et des tentacules. La lumière fut interceptée pendant quelques minutes et le tube et son nuage demeurèrent dans l'obscurité. Lorsque l'on ralluma la lampe, le nuage était immobile dans le tube ; il avait perdu de sa couleur, mais la beauté de sa forme s'était conservée. Plusieurs de ses parties rappelaient l'apparence des décharges de Gassiot ; mais quant à la complexité et à la beauté, les décharges ne supporteraient pas la comparaison avec les formes des nuages. Un ami à qui je montrais le nuage le compara à l'un de ces individus gélatineux marins qu'une membrane à peine capable de réfléter la lumière rend visible. En fait, aucune autre comparaison n'est si juste et non-seulement la symétrie parfaite de l'extérieur donnait cette idée, mais la succession exquise des replis de la membrane sur elle-même donnait l'idée de l'économie intérieure d'un organisme

très-compliqué. Je suis resté deux heures à admirer cette merveilleuse production[1].

Les conditions précises nécessaires pour produire les effets observés avec les acides bromhydrique, chlorhydrique et iodhydrique n'ont pas encore été fixées avec certitude. L'air, en outre, est le seul véhicule qui ait été expérimenté dans ce cas. Je ne hasarde aucune opinion sur la nature chimique de ces réactions. Les acides secs, du reste, n'ont point été étudiés.

[1] « C'est parfait comme si c'était fait au tour ; ce serait très-utile aux dessinateurs de modèles, » furent les remarques faites par mes aides qui suivaient les expériences. M. Ladd, qui connaît très-bien les phénomènes de la décharge électrique au travers de milieux raréfiés, fit la remarque qu'aucun effet qu'il eût déjà vu ne saurait rivaliser, pour la beauté et la complexité, avec les apparences décrites ici si incomplétement. Je dis ceci pour montrer comment ces phénomènes ont affectés d'autres yeux que les miens.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

Rév. P. A. Secchi. Sur le spectre des protubérances solaires observé en plein soleil[1]. (Traduit du *Bulletin météorologique de l'observatoire du Collége romain*, 30 nov. 1868.)

Nos lecteurs savent qu'on attendait de grands résultats scientifiques des expéditions faites dans l'Inde orientale pour observer l'éclipse totale de Soleil du 18 août de cette année. Les fruits commencent à paraître. En laissant de côté ce qui n'a été qu'une confirmation de ce qui avait été vu dans les éclipses précédentes, et spécialement en Espagne dans l'année 1860, le but principal des observations actuelles était de résoudre deux problèmes.

Le premier était de reconnaître la nature des proéminences rosées qui se manifestent autour de la lune pendant l'éclipse; on conjecturait qu'elles étaient gazeuses, mais cela n'était pas démontré.

Le second était de savoir si la couche rose qui enveloppe tout le Soleil, et d'où se détachent les dites protubérances, peut être, par son absorption, la cause des lignes noires, dites de Fraunhofer, qu'on voit dans le spectre solaire.

L'observation du spectre de ces protubérances devait décider ces questions. Si les raies paraissaient lumineuses dans ce spectre, au lieu d'être noires, les substances ellesmêmes devaient être gazeuses, et être la cause de l'absorp-

[1] Nous devons rappeler, à ce sujet, la traduction du discours du P. Secchi sur les premières découvertes spectroscopiques, qui a paru dans les *Archives*, juillet 1865, tome XXIII, p. 145.

tion qui produit les lignes noires. L'expérience a démontré que les choses se passaient ainsi.

Malgré le mauvais temps qui a dérangé plusieurs observateurs, il y en a eu de fortunés sur tous les points. Les plus heureux ont été les savants français MM. Janssen et Rayet (sur la côte de Siam). MM. Herschel et Tennant (à Guntoor) ont confirmé leurs découvertes ; et les astronomes allemands (à Aden), moins favorisés que les autres, ont en partie obtenu les mêmes résultats.

Les protubérances qui ont paru pendant l'éclipse totale ont été au nombre de 4, et toutes ont donné un spectre formé de lignes lumineuses dans un champ obscur. Il y en a eu une énorme, de trois minutes de degré de hauteur, ou d'environ dix diamètres terrestres, analysée par M. Rayet dans deux directions normales, et sur le spectre de laquelle il a compté neuf lignes lumineuses. Il a estimé que leur position approximative était celle des lignes caractéristiques du gaz hydrogène.

M. Janssen a fait, en cette occasion, une découverte plus importante encore, et désirée depuis longtemps par les astronomes : c'est celle de donner le moyen de reconnaître la présence de ces protubérances, même en dehors de l'époque des éclipses. Nous avions, comme d'autres, fait inutilement usage d'éclipses artificielles, et nous n'avions réussi, en employant des oculaires polarisateurs, qu'à apercevoir des voiles rosés dans l'intérieur des taches solaires ; mais jamais nous n'avions pu en voir, ni moi ni le célèbre astronome Dawes, sur le bord du disque, La connaissance de cette découverte est arrivée en Europe, au moment même où elle était aussi faite par M. Lockyer, savant anglais, avant que les lettres de M. Janssen eussent été publiées. Il suffit réellement, pour reconnaître ces protubérances, d'avoir un bon spectroscope, et une lunette à long foyer qui procure une plus grande image.

Comme l'avis de la découverte a été donné, sans la description des détails nécessaires pour pouvoir répéter l'expé-

rience, nous croyons rendre service aux astronomes en leur indiquant le procédé qui nous a réussi pour la confirmer.

On a appliqué à l'équatorial de Merz un excellent spectroscope de M. Hoffmann de Paris, composé de deux prismes de flint lourd, en réduisant l'ouverture de la lunette à huit centimètres, de crainte que trop de chaleur ne compromît l'appareil. En faisant alors coïncider le limbe solaire avec la petite fente de l'instrument, après une courte recherche le phénomène s'est présenté dans toute sa beauté.

On a vu, au sommet sud du disque du Soleil, les lignes noires *C* et *F* du spectre solaire se transformer, dans la moitié de leur longueur, en lignes lumineuses, le noir étant la continuation du spectre dû à la lumière extérieure au disque. En déplaçant légèrement l'instrument, on a réussi à ce que la ligne lumineuse occupât le milieu du spectre, en restant détachée du bord solaire, ce qui prouvait que la protubérance à laquelle cette ligne était due était isolée du disque solaire. La ligne *C*, qui est dans la région rouge, était beaucoup plus vive et plus longue que sa correspondante *F* qui est dans le bleu, et celle-ci paraissait encore en partie transformée en ligne lumineuse. Une ligne jaune à côté du groupe *D*, du côté du bleu, s'est notablement ravivée.

En cherchant d'autres points de la périphérie solaire, nous en avons trouvé un très-grand nombre donnant lieu aux mêmes lignes, mais beaucoup plus courtes. Les groupes principaux et les plus beaux étaient situés, l'un à environ 45 degrés et un autre à 160 du premier, du côté de l'ouest apparent. Un autre, intermédiaire entre ceux-là, a excité notre surprise par la scintillation intermittente qu'il émettait, scintillation qui, ayant duré quelques minutes et ayant été vue par plus d'un observateur, ne peut laisser de doute sur sa réalité.

Nous ne pouvons analyser encore entièrement un phénomène si nouveau, et nous devons en laisser le soin à d'autres personnes qui en ont été témoins. Nous noterons, cependant, trois points non encore signalés.

1° Nous n'avons pas vu partout la ligne noire *C* se transformer en ligne lumineuse, et il y a une lacune de cette ligne sur presque tout le contour du disque solaire.

2° Plusieurs lignes lumineuses changent notablement d'intensité près le bord du disque. Cela a lieu pour celle près de *D* indiquée ci-dessus, et il y en a aussi une spéciale, dans le groupe du magnésium, qui a paru se renforcer sensiblement, ainsi que plusieurs autres avec elle.

3° Ces points brillants sont plus nombreux près des taches et dans leurs zones.

La première de ces observations démontre que l'hydrogène existe, en général, sur tout le Soleil, mais qu'il n'est pas partout assez vif pour surpasser la lumière de la photosphère La seconde ouvre un nouveau champ à plusieurs recherches qu'il est inutile d'exposer ici.

Puisqu'il est si facile de voir ce phénomène, on peut demander pourquoi il a si longtemps échappé aux recherches spectrales ? La réponse est simple: Nous nous étions proposé plusieurs fois de faire cette étude, mais nous en avions été détourné en voyant l'inutilité des tentatives d'autres observateurs. M. Lockyer lui-même avait abandonné cette recherche, après deux ans d'essais infructueux, et il ne l'a reprise qu'à l'ouïe des résultats obtenus par M. Rayet. Nous devons donc cette brillante découverte à l'éclipse du 18 août, qui a été le stimulant pour de si importantes études.

La connaissance de notre astre central s'avance par là d'un pas. La quantité d'hydrogène qu'on y trouve ne doit pas surprendre, puisque nos recherches ont démontré que la moitié des étoiles ne montrent d'autres raies distinctes que celles de ce gaz. Nous avions soupçonné d'abord que la raie solaire lumineuse près de D lui appartenait très-probablement ; mais nous nous sommes convaincus que non, par des mesures exactes, prises avec un tube de Geissler à hydrogène pur. Cette ligne est singulière et mérite attention ; elle ne correspond à aucune ligne noire notable ; il n'y en a aucune

noire à cette place dans la figure de Kirchhoff, et nous n'en avons point trouvé non plus avec un spectromètre à sept prismes. Cette raie lumineuse se trouve à une distance de D″ égale à une fois et demie l'intervalle D′D″ de Fraunhofer. En ajoutant aux deux prismes primitifs du spectroscope solaire, un autre prisme à vision directe, équivalant dans sa dispersion à ces deux prismes, nous n'avons pas vu de raie noire correspondant à celle qui devient lumineuse. Il y a de même, près de la première raie du magnésium, une autre raie dont la lumière se vivifie notablement.

Nous avons vu deux fois deux des raies attribuées à l'air par Kirchhoff, numérotées, l'une 85,8, l'autre 115,3, se renforcer fortement; et comme il y avait alors dans le ciel de petits nuages du genre des *cirri*, j'ai présumé qu'on pouvait leur attribuer cet effet: mais, avec un ciel nouvellement couvert de ces nuages, le phénomène n'a plus eu lieu. On pourrait conclure de là que, dans le premier cas, il y avait une protubérance d'azote ou d'oxygène. Quoi qu'il en soit, il y a là un grand champ ouvert à l'observation, et il pourra en résulter quelque modification importante à la théorie de Kirchhoff.

Nous nous proposons de suivre ces recherches de spectroscopie. Outre les singulières propriétés des divers types d'étoiles qu'elles nous ont fait découvrir, elles nous ont permis de vérifier que, tandis que la planète Vénus a une atmosphère à vapeur aqueuse analogue à la nôtre, il y a dans Jupiter un élément différent qui nous est encore inconnu.

Addition du traducteur.

Il a paru, dans le *Compte rendu* de la séance de l'Académie des Sciences de Paris du 23 novembre, une lettre du P. Secchi; elle renferme la plupart des détails précédents, avec quelques particularités de plus, qui nous semblent devoir être relatées ici.

« Quand la fente du spectroscope, dit M. Secchi, est perpendiculaire au bord du disque solaire, la ligne lumineuse C n'est longue que de 10 à 15 secondes de degré. excepté dans le voisinage des taches où elle est quatre fois plus longue. On rencontre autour du disque beaucoup de points où cette ligne est séparée du bord : ces points correspondent sans doute à des nuages isolés, comme l'a observé M. Janssen. Quand la fente est parallèle à la tangente du bord, on trouve partout une ligne brillante, qui parfois se partage en fragments, ce qui prouve que la couche gazeuse rose est continue, mais très-irrégulière dans son contour. La raie la plus facilement renversée (c'est-à-dire devenue lumineuse, de noire qu'elle était sur le disque) est C. La raie F l'est aussi, mais elle est plus faible et plus courte. Là où la raie C ne devient pas brillante, près le bord du Soleil, la raie noire ne paraît pas et le spectre devient uniforme, le renversement étant seulement partiel.

« Quant aux lignes lumineuses qui deviennent très-vives et brillantes dans certaines régions, il y en a une dans le rouge, au contact et au bord de la raie B du côté de C ; il y en a une autre à une petite distance de D, à environ 1 $^{1}/_{2}$ largeur de cette raie du côté du violet ; une autre se trouve dans le vert entre les deux larges raies du magnésium ; il y en a enfin plusieurs autres dans le fer. »

D'après une communication faite par M. Warren de la Rue à la séance de l'Académie du 9 novembre, M. Lockyer évalue à huit mille kilomètres l'épaisseur de la nouvelle enveloppe solaire gazeuse. Il dit qu'elle est régulière dans son contour, et que le spectroscope révèle son existence au pôle comme à l'équateur du Soleil, à une distance sensiblement égale du disque de l'astre. M. Lockyer annonce qu'il fait voir, dans une communication adressée à la Société royale de Londres, comment on peut déterminer la *température* de cette nouvelle enveloppe.

A.G.

PHYSIQUE.

J.-C. Poggendorff. Untersuchungen. etc. Recherches sur la transmission de l'électricité dans les gaz raréfiés a propos d'un tube électrique imaginé par M. Holtz. (*Monatsberichte*. décembre 1867, et *Poggend. Annalen*, vol. CXXXIV, p. 1.)

L'auteur commence par décrire le tube imaginé par M. Holtz et qui n'est qu'une forme particulière des tubes de Geissler. Il consiste en un cylindre en verre, long de 2 pieds, ayant un diamètre de 6 lignes environ, divisé en cinq compartiments par de petites cloisons intérieures en forme d'entonnoirs : il est rempli la plupart du temps d'hydrogène très-raréfié. Or, l'appareil ainsi construit présente la même propriété que la soupape de Gaugain, à savoir qu'il conduit mieux l'électricité dans un sens que dans l'autre, ce qui doit tenir évidemment à l'action des entonnoirs; la disposition des stries dans l'intérieur de ce tube varie également, suivant le sens du courant. Appelons une fois pour toutes avec M. Poggendorff position positive, la position du tube dans le cas où les pointes effilées des entonnoirs sont tournées vers le pôle positif, et négative la position inverse. M. Holtz trouvait quatre stries dans chacune des subdivisions du tube positif, et cinq dans le cas contraire: l'auteur a obtenu un résultat analogue avec d'autres tubes de Holtz, ce qu'il s'explique par le fait que dans le premier cas les stries sont repoussées de la pointe de chaque entonnoir dans l'intérieur du suivant où on ne les voit pas toutes, quoique leur nombre soit le même. Elles sont très-visibles dans les intervalles plus larges entre les entonnoirs, moins distinctes dans les parties effilées qui sont aussi les plus brillantes, et en avant desquelles il y a au contraire un espace obscur comme vers le pôle négatif.

Le fait que le tube de Holtz conduit mieux l'électricité dans un sens que dans un autre ressort avec évidence de

l'expérience suivante : Deux tubes identiques étant placés en sens inverse l'un à côté de l'autre et reliés avec la machine d'induction, le courant passe toujours dans celui des deux tubes qui occupe par rapport à lui la position positive, tandis que l'autre reste obscur ; quand on change le sens du courant on change en même temps les rôles des deux tubes, ce qui montre que ça ne tient pas à des propriétés différentes de ces deux tubes. Ayant voulu apprécier la différence de résistance des deux tubes, l'auteur la trouva égale à celle d'une corde mouillée de deux pouces de longueur, c'est-à-dire égale à peu près à 49140 unités de Siemens. Il opérait avec une très-forte bobine d'induction dont le fil secondaire présentait une résistance de 15610 unités de Siemens.

L'auteur passe ensuite à la description détaillée des divers phénomènes que présente le passage dans ces tubes du *courant d'influence* ou décharge de la machine de Holtz, suivant qu'il est *continu* ou *discontinu*, c'est-à-dire par étincelles ou *explosif*, tel qu'on l'obtient en faisant usage de la petite bouteille de Leyde tubulaire qui accompagne la machine de Holtz.

La décharge continue à travers un tube positif donne, dans les intervalles des entonnoirs, une série de colonnes lumineuses qui ne présentent point de stries, à moins que l'on ne touche le pôle positif, ce qui a pour effet de rendre le phénomène lumineux plus intense et de faire apparaître des stries. En touchant le pôle négatif on affaiblit au contraire l'éclat de la lumière et l'on ne produit point de stries. Dans le tube négatif la décharge continue donne une lumière violette sans stries, même lorsqu'on touche l'un ou l'autre des deux pôles. Si l'on a deux tubes de Holtz accouplés et de sens inverse, le courant ne passe que dans le tube positif. L'auteur n'a pu arriver à le faire passer par le tube négatif en introduisant dans le circuit du tube positif une forte résistance, telle que celle d'une corde mouillée de trente pieds de longueur. L'excès de résistance du tube négatif est donc beau-

coup plus fort dans le cas du courant d'influence que dans le cas du courant d'induction: on peut le vaincre néanmoins en introduisant une colonne de gaz raréfié dans le circuit du tube positif. Le courant passe presque indifféremment dans un tube négatif ou dans un système de deux tubes positifs placés à la suite l'un de l'autre, mais ce dernier l'emporte quand on vient à toucher le pôle positif.

La décharge discontinue produit un nuage violet très-brillant dans tout le tube sauf dans les espaces qui entourent les entonnoirs; au pôle négatif apparaît une belle fluorescence jaune, qui se retrouve également à la base des entonnoirs quand ils ont leurs pointes tournées vers le pôle positif. Le courant passe presque également dans les deux tubes accouplés en sens inverse.

La décharge avec explosion donne une lumière claire et sans stries, et il n'y a point de différence dans l'apparence des deux tubes. Dans le cas des deux tubes accouplés la décharge passe uniquement dans le tube positif quand l'étincelle de la machine est très-courte: mais lorsqu'elle dépasse quelques lignes, la décharge passe aussi un peu dans le tube négatif: elle passe même en entier dans ce dernier lorsqu'on introduit une corde mouillée d'un pied de long dans le circuit du tube positif.

Ici il faut distinguer deux cas, celui où la décharge avec bouteille de Leyde s'effectue sans qu'il y ait interruption dans le circuit qui conduit au tube, c'est-à-dire sans production d'étincelle, et celui où il y a interruption, c'est-à-dire étincelle. Aucun de ces deux modes de décharge ne produit des stries dans le tube. Mais on peut les obtenir dans le premier cas, en introduisant une faible résistance dans le circuit, telle que celle d'une colonne de gaz raréfié. Dans le second cas il faut une résistance plus considérable, et alors on a presque le même effet qu'avec le courant d'induction. En introduisant une corde mouillée de quinze pieds, on obtient quatre stries très-marquées dans chaque compartiment du

tube positif. et dans le tube négatif un brouillard presque invisible sans stries : puis. en raccourcissant la corde, l'on a dans les deux positions du tube des stries très-nombreuses et bien marquées, si toutefois les étincelles sont suffisamment grandes. Quand on emploie des résistances métalliques et pour peu que l'étincelle dépasse une ligne, il passe dans le tube deux courants. l'un direct, l'autre indirect. En réglant convenablement la longueur de l'étincelle. on arrive à séparer entièrement ces deux courants et à les faire passer chacun séparément dans l'un des deux tubes accouplés en sens inverse, mais on obtient encore mieux cet effet avec la soupape de Gaugain.

La soupape de Gaugain est un tube plein d'air raréfié dans lequel pénètrent deux électrodes de grandeurs très-différentes et ne laissant guère à cause de cela passer le courant que dans un seul sens : de là son nom. Celles sur lesquelles M. Poggendorff a opéré, consistaient en un tube de verre d'un pied à un pied et demi de long et de dix à treize lignes de diamètre, ayant comme électrodes d'un côté un disque d'aluminium d'une section égale à celle du tube, de l'autre un mince fil du même métal avançant dans l'intérieur du tube ou bien au contraire coupé à son entrée dans celui-ci de manière à ne présenter que sa section au passage du courant. Ces soupapes différaient de celles de Gaugain en ce qu'elles étaient pleines d'hydrogène aussi raréfié que le permettait une pompe à mercure.

L'auteur a fait diverses expériences sur le passage du courant d'induction au travers de ces soupapes et a trouvé que :

Lorsque le pôle négatif du courant de rupture est du côté du disque, ce courant passe seul ;

Lorsque deux soupapes sont placées l'une à coté de l'autre dans le même sens et de manière que le fil d'aluminium soit le pôle négatif du courant de rupture. les deux courants passent dans chacun des deux tubes ;

Enfin lorsque les deux soupapes sont accouplées en sens

contraire, le courant de rupture passe seulement dans celle dont le disque est du côté de son pôle négatif, tandis que le courant de fermeture passe uniquement dans l'autre. Mais ces résultats dépendent en partie de l'intensité du courant d'induction.

Avec le courant d'influence le phénomène est exactement inverse, c'est-à-dire que ce dernier passe au travers du tube dans lequel le disque est l'électrode positive plutôt que dans l'autre, et cela malgré la résistance que l'on peut introduire dans le circuit du premier. Le disque de la soupape de Gaugain joue donc le même rôle que les pointes des entonnoirs dans les tubes de Holtz.

Enfin, l'auteur termine son mémoire en indiquant quelques procédés à l'aide desquels on peut produire des stries dans l'intérieur d'un tube à gaz raréfié quand elles ne s'y produisent pas naturellement. Nous avons vu plus haut qu'il avait dans certains cas favorisé la production des stries en touchant avec le doigt l'une des électrodes du tube de manière à former un courant de dérivation. L'auteur arriva à un résultat analogue en disposant un anneau en étain au milieu du tube et touchant cet anneau avec le doigt : il obtint alors des stries très-marquées dans la moitié du tube adjacente au pôle positif.

Enfin, il indique comme dernier procédé, une élévation de température. En effet, ayant échauffé le milieu de son tube avec une flamme à alcool, il vit apparaître des stries de part et d'autre de cette flamme, et cet état se prolonger après que le tube avait été refroidi du moins dans le cas du courant d'influence, car dans le cas du courant d'induction, le retour d'une température plus basse suffisait à rétablir l'état primitif.

L'auteur se déclare pour le moment incapable de donner une explication quelconque de ces faits qu'une étude plus complète de la question parviendra peut-être à éclaircir, mais sur lesquels la science manque encore presque entière-

ment des données suffisantes, surtout en ce qui tient à la stratification de la lumière électrique. E. S.

A. KUNDT. UEBER DIE SPECTREN, etc. SUR LES SPECTRES DES ÉCLAIRS. (*Pogg. Ann.*, v. CXXXV, p. 315.)

L'arc voltaïque donne un spectre très-net composé d'un certain nombre de raies brillantes dont les unes proviennent des particules métalliques arrachées aux conducteurs, les autres de l'air incandescent traversé par l'étincelle. En faisant varier la nature des électrodes, on peut reconnaître sans peine celles de ces raies qui appartiennent exclusivement à l'air, et ce sont celles-là évidemment qui doivent aussi constituer le spectre des éclairs.

L'auteur s'est servi pour faire ces observations d'un petit spectroscope à vision directe de Hoffmann, dont il avait enlevé la lunette. De cette façon l'on obtient un spectre sans aucun grossissement, mais en revanche plus brillant et plus net dans lequel un œil suffisamment exercé peut apercevoir un grand nombre de lignes de Fraunhofer. Dans le cas d'un éclair composé d'une seule étincelle brillante en un seul point du ciel, on ne recevra en général dans l'appareil que la lumière réfléchie par les nuages, mais dans le cas d'un éclair diffus, illuminant une grande partie du ciel, on peut opérer sur la lumière qui en émane directement.

L'auteur a observé trois séries d'éclairs durant trois orages différents et n'a pas tardé à reconnaître deux espèces de spectres fort distincts, les uns se composant d'un certain nombre de lignes brillantes très-tranchées, les autres de bandes plus larges, plus pâles, à intervalles à peu près réguliers. De plus, parmi ces derniers, il en est qui ne présentent de bandes que dans le bleu et le violet, d'autres qui en ont encore dans le vert et même dans le rouge.

Or, les spectres à raies brillantes correspondaient toujours à un sillon lumineux accompagné d'une détonation très-brus-

que et très-forte, éclair de première classe d'Arago : tandis que les spectres à bandes provenaient sans exception d'éclairs diffus ou de seconde classe. La coloration si différente de ces deux classes d'éclairs faisait prévoir d'avance une grande différence dans leurs spectres : car tandis que les premiers présentent toujours une lumière plus ou moins blanche, les autres sont généralement rouges, parfois aussi violets ou bleuâtres. Il en est sur ce point des éclairs comme de la décharge électrique, qui est d'une blancheur intense, quand elle consiste en une simple étincelle, qui au contraire devient rouge, violette ou bleu, quand elle se fait sous forme de faisceau ou d'aigrette, et qui enfin, suivant l'un ou l'autre cas, comme l'ont constaté Plucker, Hittorf et d'autres, donne un spectre à lignes brillantes ou à bandes. L'auteur conclut donc de ses observations que les éclairs répandus sur une grande portion du ciel sans présenter aucun sillon lumineux proviennent d'une décharge sous forme de faisceau ou d'aigrette. A ses yeux plusieurs circonstances concourent à favoriser ce mode de décharge : d'abord la forme irrégulière et la faible conductibilité des nuages qui tendent à produire un grand nombre de décharges, un faisceau plutôt qu'une seule et unique étincelle ; ensuite la raréfaction de l'air dans la portion du ciel où se produisent les orages. Dove a bien démontré que les éclairs de seconde classe sont discontinus et formés de plusieurs décharges.

De l'étude des éclairs l'auteur passe ensuite à celle du tonnerre. Il ne croit pas qu'il faille attribuer dans tous les cas l'absence de tonnerre à la trop grande distance, il admet au contraire qu'il peut se produire même à de petites distances des éclairs qui ne soient accompagnés d'aucune espèce de détonation, et ceux-là seraient précisément des décharges sous forme d'aigrette, lesquelles, comme on le sait, ne produisent presque aucun bruit.

Quant au roulement du tonnerre, on l'attribue tantôt aux zigzags que fait l'éclair, tantôt aux échos provenant des nua-

ges, tantôt à l'interférence des sons; mais aucune de ces explications n'est bien satisfaisante et l'auteur en trouve une nouvelle dans la forme qu'affecte la décharge électrique. En effet, les éclairs de première classe ne font entendre la plupart du temps qu'un seul coup de tonnerre sec, parce qu'ils ne proviennent que d'une seule décharge : ceux de deuxième classe au contraire, qui se prolongent plus longtemps et se composent d'une série de petites décharges simultanées, font entendre des roulements de tonnerre prolongés, lesquels, suivant M. Kundt, tiendraient avant tout à cette multiplicité de décharges. Il va sans dire qu'à côté de cette action prépondérante la réflexion du son par les nuages ou les montagnes, doit aussi jouer son rôle. Il est rare, il est vrai, de n'entendre qu'un seul et unique coup de tonnerre, cela tient à ce que la décharge principale d'un éclair de première classe est presque toujours accompagnée d'autres décharges plus faibles, et c'est ce que M. Kundt a constaté en voyant souvent un même éclair donner les deux espèces de spectres.

L'auteur insiste, en terminant, sur les différences qu'il a constatées entre les spectres de première classe quant au nombre et à la nature des lignes brillantes qui les composent. Il voit là jusqu'à un certain point une confirmation du fait avancé par Fusinieri, à savoir que les éclairs jaillissant entre la terre et un nuage entraînent toujours avec eux une certaine quantité de particules solides incandescentes variant avec la nature du lieu. C'est encore là cependant un point obscur sur lequel M. Kundt se propose de continuer ses recherches. E. S.

CHIMIE.

E. Ador et A. Bæyer. Sur l'aldéhydine. (*Ber. der Deutsch. Chem. Gesell.*, 1868, p. 189.)

L'un des auteurs avait décrit, il y a quelque temps déjà,

une base volatile résultant de l'action de l'aldéhydate d'ammoniaque sur l'urée à chaud. M. Bæyer a repris ses recherches sur cette substance avec M. Ador, et ces chimistes ont trouvé que l'on obtient un produit plus abondant quand on chauffe à 120—130° l'aldéhydate et l'urée avec de l'acétate d'ammoniaque. Il se forme ainsi, avec un liquide aqueux, une huile, l'*aldéhydine*, qui bout à 175° et qui possède la composition AzC^8H^{11} (en atomes).

L'aldéhydine est une huile plus légère que l'eau dans laquelle elle est peu soluble ; son odeur est forte, stupéfiante, semblable à celle de la conicine. Sa formule se différencie de celle de la conicine par une teneur de quatre atomes d'hydrogène en moins. Les auteurs ont cherché, sans succès, à y fixer de nouvelles proportions d'hydrogène au moyen de l'amalgame de sodium.

Le chlorhydrate d'aldéhydine est très-soluble dans l'eau ; il cristallise en aiguilles : avec le bi-chlorure de platine il se résinifie : le ferricyanure de potassium et le nitrate de mercure y produisent un précipité cristallin.

L'aldéhydine dérive de l'aldéhydate d'ammoniaque d'après l'équation suivante :

$$\underbrace{4CH^3CH(AzH^2)(OH)}_{\text{aldéhydate d'ammoniaque}} = AzC^8H^{11} + 3AzH^3 + 4H^2O.$$

Elle renferme une molécule d'eau de moins que la tétraldine de Schiff. C'est un poison faible qui agit comme narcotique sur le système central. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Prof. GOLTZ. OBSERVATIONS SUR L'EFFET QUE PRODUIT L'ABLATION DU CERVEAU CHEZ LES GRENOUILLES.

Dans la séance, tenue le 22 septembre dernier, du congrès des naturalistes et médecins allemands réunis à Dresde, M. le professeur Goltz a communiqué les résultats de ses obser-

vations sur des grenouilles auxquelles il avait enlevé le cerveau depuis quelques mois. Il a trouvé :

1° Que lorsqu'on ne les a pas irritées, elles demeurent parfaitement en repos, mais qu'elles voient et savent éviter par des efforts spontanés les obstacles placés sur leur route quand on les excite artificiellement à sauter ;

2° Qu'elles possèdent le plein contrôle de leur équilibre, et ne sont par conséquent point dépourvues de toute intelligence ;

3° Que si à l'ablation du cerveau on ajoute la destruction des lobes optiques, ces animaux deviennent incapables de se maintenir en équilibre ; néanmoins si on les place de force sur le dos, ils se retournent sur le ventre avec la même facilité qu'une grenouille à l'état normal. — Des faits précédents, M. Goltz conclut que le pouvoir intellectuel n'est pas limité à une portion déterminée du cerveau, mais qu'au contraire chaque partie cérébrale qui préside à un mode spécial de mouvement possède sa propre quantité déterminée d'intelligence ;

4° Que la moelle épinière seule paraît entièrement dénuée de puissance intellectuelle ;

5° Qu'avec l'ablation du cerveau, des lobes optiques et du cervelet s'éteint la faculté de déterminer des mouvements normaux coordonnés ;

6° Que d'une manière assez constante la seule ablation du cervelet entraîne une modification non correspondante de coloration de part et d'autre de la ligne médiane.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE NOVEMBRE 1868.

Le 1er, gelée blanche le matin, forte rosée le soir.
2, id. id brouillard de 6 h. à 10 h. matin.
3, gelée blanche le matin; belle couronne lunaire le soir.
4, gelée blanche le matin.
6, de 8 h. du soir, au lendemain à la même heure, il a neigé sans interruption, avec une forte bise depuis le 7 à midi. La hauteur de la neige tombée a été de 10 centimètres, et la neige est restée plusieurs jours sur le sol avant d'avoir fondu.
12, forte bise depuis 2 h. après midi jusqu'au lendemain à la même heure.
14, pluie et neige, à plusieurs reprises dans la journée.
17, gelée blanche.
18, brouillard presque tout le jour; dépôt de givre.
19, brouillard jusqu'après midi.
21, brouillard le soir, gelée blanche.
22, brouillard tout le jour.
23, brouillard le matin.
25, brouillard le matin.
30, gelée blanche le soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 1 à 10 h. matin	738,85
9 à 8 h. soir	723,53
13 à 10 h. matin	734,89
18 à 10 h. matin	733,38
21 à 10 h. matin	731,43
24 à 8 h. soir	725,35
30 à 10 h. matin	726,58

MINIMUM.

	mm
Le 6 à 9 h. soir	713,36
10 à 4 h. soir	721,62
15 à 6 h. matin	726,01
19 à 2 h. soir	728,65
23 à 7 h. matin	719,99
26 à 2 h. soir	719,25

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°		cm.
1	737,91	+11,56	+ 5,61	−1,45	− 0,3	+12,7	5,85	−0,58	848	+ 5	580	1000	...	...	SSO. 1	0,20	—	—	132
2	735,77	+ 9,41	+ 5,32	−1,56	− 0,6	+14,0	6,20	−0,15	901	+ 58	710	1000	...	...	variable	0,30	11,9	+ 0,1	131
3	733,50	+ 7,13	+ 6,48	−0,23	− 0,2	+14,9	5,76	−0,51	785	− 58	540	990	...	...	SO. 1	0,18	12,0	+ 0,3	129
4	730,57	+ 4,19	+ 8,33	+1,79	+ 1,9	+16,7	5,28	−0,91	658	−186	350	990	...	...	S. 1	0,00	12,0	+ 0,5	127
5	724,38	− 2,01	+ 9,36	+2,99	+ 5,3	+12,0	5,98	−0,13	677	−167	580	850	0,7	2	SSO. 2	0,83	11,3	− 0,1	124
6	716,31	−10,09	+ 3,63	−2,57	0,0	+ 9,7	5,85	−0,19	997	+153	960	1000	19,3	18	N. 1	1,00	10,8	− 0,5	122
7	716,27	−11,14	+ 0,22	−5,81	− 0,1	+ 1,1	4,66	−1,31	998	+154	950	1000	22,4	18	NNE. 3	1,00	10,5	− 0,6	120
8	717,35	− 9,08	+ 1,46	−4,40	+ 0,3	+ 3,9	4,42	−1,48	886	+ 42	640	1000	0,9	3	NNE. 2	1,00	—	—	122
9	722,58	− 3,87	+ 1,44	−4,25	− 0,1	+ 3,9	3,45	−2,38	694	−151	550	790	...	...	variable	0,69	10,1	− 0,8	122
10	721,97	− 4,50	+ 0,37	−5,15	− 2,3	+ 3,2	3,82	−1,94	816	− 29	630	970	...	...	S. 1	0,92	9,9	− 0,8	121
11	726,27	− 0,22	+ 0,85	−4,51	− 0,7	+ 3,0	3,81	−1,88	786	− 59	690	940	...	...	NNE. 1	1,00	9 9	− 0,7	120
12	729,34	+ 2,83	+ 2,50	−2,69	− 0,2	+ 4,5	4,31	−1,31	785	− 60	710	920	...	...	NNE. 2	0,99	9,8	− 0,7	119
13	734,31	+ 7,78	+ 3,51	−1,52	+ 2,9	+ 4,2	4,12	−1,43	714	−131	670	740	...	...	NNE. 2	0,98	9,2	− 1,2	115
14	728,01	+ 1,46	+ 1,30	−3,56	+ 0,9	+ 4,1	4,27	−1,21	862	+ 16	800	950	0,9	3	variable	1,00	9,6	− 0,6	112
15	726,73	+ 0,16	+ 0,87	−3,83	+ 0,2	+ 2,0	3,89	−1,52	805	− 41	730	880	...	...	NNE. 2	1,00	—	—	111
16	729,52	+ 2,92	− 0,07	−4,61	− 2,9	+ 4,0	3,76	−1,59	828	− 18	600	940	...	...	variable	0,22	9,4	− 0,6	110
17	730,04	+ 3,41	− 0,41	−4,79	− 4,2	+ 5,2	4,04	−1,25	902	+ 56	670	1000	...	...	SSO. 1	0,30	9,3	− 0,5	108
18	732,73	+ 6,04	− 0,24	−4,46	− 3,8	+ 1,7	4,24	−0,99	929	+ 82	860	990	...	...	variable	1,00	9,0	− 0,7	105
19	729,53	+ 2,81	+ 0,91	−3,15	− 1,0	+ 5,1	4,54	−0,63	925	+ 78	780	1000	...	...	N. 2	0,91	8,9	− 0,7	104
20	729,79	+ 3,04	+ 0,51	−3,40	− 0,3	+ 1,4	3,94	−1,17	840	− 7	790	960	...	...	NNE. 1	1,00	8,8	− 0,7	103
21	730,78	+ 4,00	− 0,31	−4,07	− 2,8	+ 2,3	3,95	−1,10	900	+ 52	740	1000	...	...	variable	0,78	8,7	− 0,6	105
22	726,39	− 0,42	− 0,75	−4,36	− 3,0	+ 1,2	4,34	−0,66	990	+142	910	1000	...	...	SO. 1	1,00	—	—	104
23	720,46	− 6,38	+ 3,99	+0,53	+ 0,1	+ 6,9	6,19	+1,24	991	+142	960	1000	1,4	5	variable	1,00	8,5	− 0,6	104
24	723,85	− 3,02	+ 5,31	+2,00	+ 4,0	+ 7,0	6,55	+1,65	986	+137	930	990	7,2	7	variable	1,00	8,5	− 0,5	104
25	721,83	− 5,07	+ 5,36	+2,19	+ 3,1	+ 7,7	6,12	+1,27	913	+ 63	810	980	...	...	variable	0,98	8,5	− 0,4	104
26	719,53	− 7,40	+ 5,34	+2,32	+ 3,9	+ 6,9	6,20	+1,40	932	+ 82	880	980	2,9	5	SE. 1	1,00	8,7	0,0	105
27	721,54	− 5,42	+ 5,90	+3,02	+ 4,2	+ 7,0	5,52	+0,77	796	− 55	730	820	...	...	N. 1	0,99	8,7	+ 0,1	106
28	720,57	− 6,43	+ 5,22	+2,48	+ 4,7	+ 7,0	5,53	+0,83	846	− 5	770	920	0,1	1	NNE. 1	0,99	8,7	+ 0,2	104
29	725,00	− 2,03	+ 4,15	+1,56	+ 3,3	+ 5,7	4,63	−0,02	762	− 90	700	810	...	...	NNE. 1	0,93	—	—	103
30	725,98	− 1,09	+ 2,95	+0,50	− 1,4	+ 5,2	4,44	−0,17	810	− 43	680	1000	...	...	NNE. 1	0,48	8,2	− 0,1	103

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	725,86	726,28	726,36	725,76	725,07	724,90	725,12	725,04	725,00
2e «	729,34	729,77	730,04	729,72	729,41	729,56	729,98	730,28	730,41
3e «	723,69	723,94	724,18	723,74	723,29	723,22	723,51	723,63	723,74
Mois	726,30	726,66	726,86	726,41	725,92	725,90	726,20	726,32	726,38
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 1,87	+ 2,40	+ 5,20	+ 7,02	+ 7,92	+ 6,68	+ 4,83	+ 3,46	+ 3,01
2e «	— 0,27	+ 0,18	+ 1,29	+ 2,13	+ 2,82	+ 2,26	+ 1,43	+ 1,13	+ 0,80
3e «	+ 3,02	+ 3,21	+ 4,07	+ 4,99	+ 5,21	+ 4,86	+ 3,98	+ 3,61	+ 3,13
Mois	+ 1,54	+ 1,93	+ 3,52	+ 4,71	+ 5,32	+ 4,60	+ 3,41	+ 2,74	+ 2,31
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,79	4,87	5,39	5,47	5,19	5,20	5,31	5,20	4,98
2e «	4,12	3,95	4,16	4,27	4,31	4,15	4,15	4,05	3,95
3e «	5,13	5,23	5,40	5,43	5,53	5,51	5,48	5,38	5,30
Mois	4,68	4,68	4,98	5,06	5,01	4,95	4,98	4,88	4,74
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	907	895	808	734	663	716	820	878	870
2e «	917	853	830	801	765	771	818	818	822
3e «	898	905	875	826	828	850	896	897	915
Mois	907	884	838	787	752	779	845	864	869

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 0,39	+ 9,21	0,61	11,06	43,3	125,0
2e «	— 0,91	+ 3,52	0,84	9,32	0,9	110,7
3e «	+ 1,61	+ 5,69	0,91	8,56	11,6	104,2
Mois	+ 0,36	+ 6,14	0,79	9,64	55,8	113,3

Dans ce mois, l'air a été calme 0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,87 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 22°,7 E., et son intensité est égale à 30,0 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE NOVEMBRE 1868.

Le 6, il a neigé tout le jour, mais le vent a emporté une partie de la neige tombée du pluviomètre.
7, brouillard une partie de la journée.
8, 9, id. tout le jour.
10, id. à 6 heures du matin.
14, id. une partie de la journée.
23, id. id. id. le vent a emporté une partie de la neige tombée dans la journée et aussi de celle tombée dans la nuit.
15, 16, id. toute la journée.
17, id. jusqu'à 8 heures du soir.
18, id. depuis 6 heures du soir.
19, id. jusqu'à midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 6 h. soir..	573,83	Le 8 à 6 h. matin	547,54
13 à 10 h. matin	566,89	15 à 6 h. matin	557,44
18 à midi..................	567,19	20 à 6 h. matin	562,29
21 à 8 h. soir............	565,38	23 à 6 h. soir.............	560,41
24 à 8 h. soir............	562,26	26 à 6 h. soir............	555,24
30 à 10 h. soir............	562,03		

SAINT-BERNARD. — NOVEMBRE 1868.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent	Clarté
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	dominant	moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	573,54	+10,35	572,56	573,83	— 0,15	+ 3,16	— 2,0	+ 2,3	.....	.....	......	NE. 1	0,10
2	572,43	+ 9,30	571,51	573,28	+ 2,04	+ 5,49	— 0,5	+ 5,5	.....	.....	......	NE. 1	0,03
3	569,74	+ 6,67	569,33	570,36	+ 1,65	+ 5,24	0,0	+ 4,2	.....	.....	......	NE. 1	0,02
4	567,36	+ 4,36	566,22	568,56	+ 1,26	+ 5,00	— 0,5	+ 5,1	.....	.....	......	NE. 1	0,01
5	561,62	— 1,32	560,25	563,75	— 0,60	+ 3,28	— 3,7	+ 3,1	.....	.....	......	SO. 1	0,73
6	554,05	— 8,83	551,87	556,94	— 3,59	+ 0,43	— 4,1	— 3,0	110	7,7	16	SO. 2	1,00
7	549,42	—13,40	548,65	550,47	— 9,33	— 5,17	—12,5	— 2,5	160	21,3	16	NE. 1	1,00
8	550,18	—12,58	547,54	552,40	—12,32	— 8,03	—13,2	—10,8	.....	.....	......	NE. 3	1,00
9	554,03	— 8,57	552,99	554,80	—13,60	— 9,17	—14,5	—12,2	.....	.....	......	NE. 2	0,93
10	554,25	— 8,39	553,95	555,05	—12,90	— 8,33	—16,0	— 9,9	.....	.....	......	NE. 1	0,17
11	558,52	— 4,07	556,33	560,14	—10,72	— 6,02	—13,4	— 8,7	.....	.....	......	NE. 1	0,01
12	562,24	— 0,29	560,49	564,21	— 5,50	— 0,67	— 8,8	— 2,1	.....	.....	......	NE. 1	0,00
13	566,28	+ 3,80	565,53	566,89	— 3,57	+ 1,39	— 5,3	— 1,5	.....	.....	......	NE. 1	0,00
14	559,00	— 3,42	557,74	561,53	—10,56	— 5,47	—13,7	— 7,0	.....	.....	......	NE. 1	0,74
15	559,17	— 3,20	557,44	561,04	—10,80	— 5,58	—13,1	— 8,1	.....	.....	......	NE. 1	0,11
16	562,28	— 0,04	561,55	562,63	— 8,73	— 3,38	—11,2	— 5,5	.....	.....	......	NE. 1	0,00
17	563,71	+ 1,44	562,67	564,43	— 4,28	+ 1,19	— 6,0	— 2,3	.....	.....	......	NE. 1	0,00
18	566,56	+ 4,34	565,63	567,19	— 3,06	+ 2,53	— 4,9	— 0,1	.....	.....	......	calme	0,00
19	563,67	+ 1,50	563,03	565,13	— 5,42	+ 0,29	— 6,5	— 1,8	.....	.....	......	NE. 1	0,00
20	563,09	+ 0,97	562,29	564,09	— 5,16	+ 0,67	— 7,0	— 2,6	.....	.....	......	calme	0,00
21	564,84	+ 2,77	564,07	565,38	— 4,69	+ 1,26	— 6,1	— 3,2	.....	.....	......	calme	0,30
22	563,72	+ 1,69	562,93	564,68	— 5,65	+ 0,42	— 7,4	— 3,4	.....	.....	......	SO. 1	0,20
23	560,70	— 1,28	560,41	561,23	— 7,94	— 1,76	— 9,7	— 6,8	40	1,7	8	SO. 2	0,98
24	561,25	— 0,68	560,34	562,26	— 6,40	— 0,11	— 6,6	— 6,0	70	3,9	7	SO. 3	1,00
25	558,76	— 3,13	557,59	560,48	— 6,08	+ 0,32	— 6,6	— 5,2	.....	.....	......	SO. 1	1,00
26	555,51	— 6,34	555,24	556,05	— 6,87	— 0,36	— 7,6	— 4,8	.....	.....	......	SO. 1	0,99
27	556,50	— 5,31	555,65	556,85	— 9,13	— 2,51	—10,2	— 7,8	.....	.....	......	NE. 1	0,87
28	555,80	— 5,97	555,60	556,53	— 7,46	— 0,73	— 9,8	— 3,4	.....	.....	......	NE. 1	0,79
29	558,84	— 2,89	557,20	560,24	— 8,28	— 1,45	— 9,2	— 7,0	.....	.....	......	NE. 1	0,44
30	561,43	— 0,26	560,39	562,03	— 4,86	+ 2,07	— 7,3	— 2,2	.....	.....	......	calme	0,00

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermomé-

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	561,00	561,11	561,23	560,89	560,45	560,40	560,42	560,38	560,43
2e »	561,87	562,14	562,47	562,60	562,51	562,51	562,63	562,77	562,92
3e »	559,56	559,74	559,95	559,77	559,62	559,72	559,71	559,92	559,99
Mois	560,81	561,00	561,22	561,09	560,86	560,87	560,92	561,02	561,11
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 4,96	— 5,05	— 4,29	— 2,93	— 2,98	— 4,11	— 5,22	— 5,96	— 5,55
2e »	— 8,15	— 7,68	— 6,63	— 4,23	— 4,54	— 6,03	— 7,20	— 7,50	— 7,32
3e »	— 7,25	— 6,84	— 6,49	— 5,45	— 5,42	— 6,25	— 6,91	— 7,24	— 7,04
Mois	— 6,79	— 6,52	— 5,80	— 4,20	— 4,31	— 5,46	— 6,44	— 6,90	— 6,64

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 6,70	— 1,82	0,50	29,0	270
2e »	— 8,99	— 3,97	0,09	0,0	0
3e »	— 8,05	— 4,98	0,66	5,6	110
Mois	— 7,91	— 3,59	0,41	34,6	380

Dans ce mois, l'air a été calme 32 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,90 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 25,6 sur 100.

* Voir la note du tableau.



BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXIII (NOUVELLE PÉRIODE)

1868. — N°s 129 à 132.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1868. Tomes XXXI à XXXIII (Nouvelle période).

A

B

C

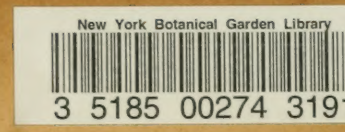
T

U

V

W

Z


New York Botanical Garden Library
3 5185 00274 319

